МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ

РЕМОНТ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

КОНДОР
Київ, 2017

УДК Ж 850
ББК 669.02
Р 37

Рекомендовано до видання рішенням вченої ради
Запорізької державної інженерної академії
(Протокол №2 від 23.02.2017 р.)

Рецензенти:

Білодіденко С.В., д.т.н., проф., завідувач кафедри «Машин та агрегатів металургійного виробництва» Національної металургійної академії України

Волчок І.П., д.т.н., проф., завідувач кафедри «Композиційних та порошкових матеріалів і технологій» Запорізького національного технічного університету

Ніколаєв В.О., д.т.н., проф., завідувач кафедри «Обробки металів тиском» Запорізької державної інженерної академії

Р 37 **Ремонт металургійного обладнання** : Навчальний посібник / Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К., Таратута К.В. — К.: Видавничий дім «Кондор», 2017. — 236 с. Іл.:55 ; табл.:30 ; бібліогр.: 43 назв.

ISBN 978-617-7582-08-2

В посібнику, поряд з традиційними застосовуваними тепер, описані новітні матеріали і технології відновлення заданої геометрії деталей, зміцнення і відновлення властивостей їх поверхонь. Розширено відомості щодо реставрації та захисту металургійного обладнання, що функціонує в особливо несприятливих умовах. Висвітлено сучасні методи і засоби виявлення дефектів і несправностей обладнання. Відзначено особливості ремонту механічної частини підйомних кранів. Наведено основні положення техніки безпеки при виконанні ремонтних робіт.

Для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за спеціальностями «Галузеве машинобудування» («Металургійне обладнання», «Обслуговування та ремонт обладнання металургійних підприємств») та «Металургія» і може бути корисним для фахівців металургійних і машинобудівних підприємств.

ISBN 978-617-7582-08-2

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА

Металургійні машини і агрегати є найбільш активною частиною основних фондів підприємств, що безпосередньо приймають участь в процесі виробництва металів і сплавів. Тому повне використання можливостей цих фондів і забезпечує необхідні темпи розвитку підприємства. Отже вчасне проведення профілактичних заходів і ремонтів обладнання, які запобігають його незапланованим зупинкам, є вкрай важливим фактором в економічній діяльності виробника продукції.

В металургії значення ремонтів та їх вплив на використання основних фондів особливо велике, оскільки на протязі амортизаційного періоду капітальні ремонти основного металургійного обладнання вимагають засобів в декілька разів більших, ніж їх початкова вартість. Наприклад, на ремонти мартенівських печей за період їх повної амортизації витрачається засобів (без урахування витрат на обслуговування) у вісім разів більше початкової вартості цих печей [41]. Особливо велике значення мають ремонти металургійних печей, оскільки витрати на них значно перевищують витрати на ремонт усього механічного обладнання. Проте, незважаючи на менші витрати на його ремонт, від його надійної роботи, що досягається ретельним технічним оглядом і своєчасними та якісними ремонтами, всіляко залежать техніко-економічні показники металургійного агрегату. Загалом же удосконалення технології і знарядь для ремонтів, що є одним із основних шляхів подальшого економічного розвитку підприємств, залишається і до цього часу актуальною проблемою.

Стосовно висвітлення організації і технології виконання ремонтних робіт видано досить значну кількість навчальної і технічної літератури. Великим попитом у вищих навчальних закладах користуються роботи авторів Л.М. Ариста, Л.М. Касаткіна, К.С. Колева, Д.П. Притикіна, А.І. Сапка, В.Я. Седуша, М.А. Тилкіна, В.І. Цекова та ін.

Але, незважаючи на високу якість цих робіт щодо методичної побудови і інформаційного наповнення, вони не повністю відповідають теперішнім вимогам, оскільки їх видано 25–35 років тому. А на цей час створені нові технології і ремонтні матеріали, розроблено значно досконаліше ремонтне знаряддя, сучасні прилади і техніку виявлення дефектів.

В даному посібнику автори взяли за основу ті класичні питання з відомих видань, що не втратили актуальності і сьогодні, і суттєво поповнили наступними питаннями:

– стосовно методів відновлення заданої геометрії деталей, зміцнення і відновлення властивостей поверхонь (зокрема велику увагу приділено новітнім технологіям відновлення і ремонту деталей полімерами, металополімерами, еластомірами, ремонту деталей шляхом застосування сучасних ремонтно-відновлюваних сумішей, наведено відомості про нанотехнології і «живий метал»);

– стосовно ремонту типових вузлів і деталей описано сучасні технології ремонту, значна увага приділена ремонту гідравлічних ущільнень і деяких елементів, наведено рекомендації щодо використання нових конструкцій ущільнень;

– стосовно реставрації та захисту металургійного обладнання, що функціонує в несприятливих умовах, внесено коригування з урахуванням нових захисних матеріалів і технологій;

– ґрунтовно охарактеризовано технологію ремонту механічної частини мостових кранів, які потребують особливої клопітливості, оскільки підлягають контролю з боку Держгірпромнагляду;

– більш детально розглянуто питання безпеки при виконанні ремонтних робіт (такелажні, слюсарно-складальні, зварювальні, металообробні на верстатах, роботи на висоті і роботи з підвищеною небезпекою).

Книга призначена як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за спеціальностями «Галузеве машинобудування» («Металургійне обладнання», «Обслуговування та ремонт обладнання металургійних підприємств») та «Металургія» і може бути корисна для фахівців металургійних і машинобудівних підприємств.

Матеріали, викладені в книзі, можуть також бути корисними для працівників підприємств і організацій, що займаються питаннями експлуатації і ремонту механічного обладнання і в першу чергу металургійного обладнання.

Автори виносять подяку студентам Запорізької державної інженерної академії за допомогу в складанні комп’ютерного макету.

Розділ 1
Причини відмов механічного обладнання

Деталі і вузли металургійного обладнання, що піддаються в процесі експлуатації дії навантажень і інших факторів, зношуються і руйнуються. Відмова деталей, головним чином, відбувається внаслідок зносу, раптових руйнувань, утворення і зростання тріщин втомленості.

1. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ СТАН ОБЛАДНАННЯ

ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення» встановлює наступні терміни і визначення, що стосуються надійності, тривалості, працездатності і відмов.

Надійність — властивість об’єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

Довговічність — властивість об’єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту.

Термін служби — календарна тривалість експлуатації об’єкта від початку чи її поновлення після ремонту до переходу в граничний стан.

Технічний ресурс — сумарний наробіток об’єкта від початку його експлуатації чи поновлення після ремонту до переходу в граничний стан.

Напрацювання (наробіток) — тривалість чи обсяг роботи об’єкта.

Безвідмовність — властивість об’єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку.

Відмова — подія, яка полягає у втраті об’єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану об’єкта.

Працездатний стан (працездатність) — стан об’єкта, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції.

Справність — стан об’єкта, за яким він здатний виконувати усі задані функції об’єкта.

Непрацездатний стан (непрацездатність) — стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоч би одну з потрібних функцій.

Граничний стан — стан об'єкта, за яким його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне.

Несправність — стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоч би одну із заданих функцій об'єкта.

Пошкодження — подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкта коли зберігається його працездатність.

Незалежна відмова — відмова об'єкта, не спричинена прямо чи непрямо відмовою або несправністю іншого об'єкта.

Раптова відмова — відмова, яку неможливо передбачити попередніми дослідженнями чи технічним оглядом.

Поступова відмова — відмова, спричинена поступовими змінами значень одного чи декількох параметрів об'єкта.

Конструкційна відмова — відмова, спричинена недосконалістю чи порушенням встановлених правил і (чи), норм проектування та конструювання об'єкта.

Виробнича відмова — відмова, спричинена невідповідністю виготовлення об'єкта до його проекту чи до норм виробничого процесу.

Відмова через неправильне поводження — відмова, спричинена неправильним чи необережним поводженням з об'єктом.

2. ВІДМОВИ ВНАСЛІДОК РУЙНУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

2.1. Види відмов

Основною ознакою, що визначає різноманітні види відмов, є характер виникнення і проходження процесів, які приводять до відмов. Усі види відмов, що поєднані з руйнуванням і пошкодженням деталей, можна поділити на декілька груп, всередині яких необхідно розрізняти особливі, специфічні для різних умов форми втрати працездатності.

2.2. Руйнування від статичних навантажень

Статичними навантаженнями позначають однократні чи рідко повторні навантаження, при яких не встигає розвинутись втомленість.

Внаслідок їх дії виникають *пластичні деформації, в'язкий злом, крихкий злом, повзучість*.

Пластичні деформації виникають при перевантаженні деталей, виготовлених з пластичних металів. При цьому з'являється відхилення форми деталі від початкової геометричної (подовження, згин, вм'ятини та інше). Несуча здатність деталі, що піддається дії пластичної деформації, визначається або переміщеннями, більшими за гранично допустимі, або різко зростаючою деформацією. Гранично допустимі переміщення деталі визначають з умов її роботи у вузлі.

Причиною відмов у цьому випадку є тривала дія змінних контактних, розтяжних, стискаючих чи дотичних напружень, підвищення температури металу.

До об'єктів пластично-залишкової деформації можна віднести колеса, рейки, напружені болти, вали, осі, шпонки, ємкості, що перебувають під високим тиском та інше.

В'язкий злом характеризується руйнуванням деталі, якому передує значна пластична деформація. Опір пластичної деформації визначається за допомогою діаграм деформування.

Причиною відмов є значні перевантаження внаслідок різкого порушення нормальних умов експлуатації.

Руйнування супроводжується значною пластичною деформацією. Поверхня злому не має кристалічного блиску (тобто, матова), на площадці руйнування мають місце сколи, волокнистість.

До об'єктів в'язкого злому відносяться з'єднувальні і анкерні болти, несущі елементи мостових ферм і інші просторові конструкції, напружене кріплення (гвинтове) та інше.

Крихкий злом обумовлюється руйнуванням деталі, якому не передує пластична деформація. Він спостерігається в умовах низьких температур, високої залишкової напруженості, ударних навантажень на деталі з малопластичних матеріалів при великій концентрації напружень. Характерним для крихкого злому є виникнення й поширення тріщин. Він в значній мірі залежить від механічних властивостей металу, температурних умов, швидкості навантаження та виду деформації.

Причиною крихкого злому є наявність значних ударних навантажень, дефекти термічної обробки, низька якість матеріалу, підвищений вміст фосфору, водороду, наявність концентрації напружень, холодоломкості сталі.

До об’єктів крихкого злому відносяться зварні з’єднання, фасонні деталі, болти, валики і пальці, що мають високу твердість, чавунні відливки та інше.

Повзучість являє собою повільне неперервне зростання пластичної деформації при тривалому статичному навантаженні. Внаслідок повзучості деформації в часі можуть досягати граничних величин, внаслідок чого відбувається порушення роботи об’єкта.

Причиною відмов може бути нагрів вище температури рекристалізації, напруження в матеріалі вище границі плинності при даній температурі.

До об’єктів, що піддаються плинності, можуть бути віднесені труби паропроводів і гідросистем, що перебувають під високим тиском.

Характер руйнування цих об’єктів — повільна і неперервна пластична деформація.

2.3. Руйнування від змінних навантажень

За змінні навантаження прийнято вважати змінні в часі з певною частотою навантаження, які на сам кінець, призводять до специфічного виду злому — злому втомленості.

Втомний злом являє собою руйнування деталі внаслідок дії змінних напружень, які перевищують границю витривалості (σ_{-1}), але за величиною в межах границі плинності (σ_T) матеріалу.

Втомний злом має свої характерні особливості і може бути виділеним серед інших видів зломів. По його вигляду установлюють причини, що призвели до руйнування деталі.

Основними причинами злому є понижена міцність матеріалу, тривала дія знакозмінного навантаження, наявність концентраторів напруження.

До об’єктів руйнування, перш за все, відносяться валики, осі, болти, зварні з’єднання, що піддаються тривалій дії циклічних навантажень.

Руйнування від дії пружно–пластичних деформацій відбувається при змінних напруженнях, які перевищують границю плинності. За час експлуатації напружено-деформований стан деталей змінюється подібно дії змінних напружень при багатоциклічній втомленості, тобто циклічно. При цьому в кожному циклі характер змінення навантаження подібний статичному навантаженню. Проте при повторних навантаженнях зі збільшенням кількості циклів починають переважати явища,

типові для малоциклічної втомленості, що звичайно спостерігається при кількості циклів N< (10^4…$5 \cdot 10^4$). За малоциклічну міцність вважають здатність матеріалу опиратись руйнуванню при дії змінних напружень в пружно-пластичній зоні.

Явища малоциклічної міцності за своїм характером займають проміжне положення між закономірностями статичної міцності і міцності при втомленості. Якщо число циклів $N \geq 10^4$,то скоріш проявляються закономірності втомленого руйнування, а якщо число циклів $N \leq 10^3$, то — закономірності статичного руйнування.

Причиною руйнування є знижена міцність матеріалу, для знакозмінних напружень вище границі плинності.

До об'єктів руйнування відносяться запобіжні пристрої, труби і ємкості гідросистем, що перебувають під високим тиском, вали, осі, болти, зубчасті передачі.

Руйнування через викришування при втомленості відбувається внаслідок виникнення на контактних поверхнях циклічних напружень стискання. При цьому на робочих поверхнях деталей спочатку з'являються невеликі поглиблення, що нагадують віспинки, які потім зростають і перетворюються в раковини. В залежності від стадії викришування матеріалів й інших умов розміри осередків пошкодження змінюються в широких межах. Характер викришування втомленості визначають контактні напруження. Тріщини, що виникають при втомленості, зароджуються у поверхні в місцях концентрації напружень, а при великих питомих навантаженнях тріщини можуть з'являтись на деякій глибині близько від зони невеликих дотичних (тангенційних) напружень. Викришування може бути обмеженим чи тим, що прогресує. Обмежене викришування спостерігається при використанні м'яких матеріалів, що добре припрацьовуються при контактуванні і закривають осередки деформації. Викришування, що прогресує, поширюється, зазвичай, на всю чи значну частину контактувальної поверхні і є значно небезпечнішим, бо в зоні контакту порушується нормальний режим змащення, інтенсивніше відбувається знос деталей в зв'язку з абразивною дією викришуваного матеріалу, виникає пластичне обім`яття чи заїдання. Для попередження викришування деталі мають розраховуватись на поверхневу витривалість.

Причиною відмов є знижена контактна міцність матеріалу, високі контактні напруження.

Розрізняють викришування втомленості по наявності віспоподібних вищерблень, що виникають на контактних поверхнях, різкому погіршенню якості поверхні, які порушують нормальну роботу деталі.

Цьому руйнуванню, перш за все, піддаються зубчасті передачі, підшипники кочення, прокатні валки, рейки і бандажі кранів, злитковозів, наземних завалювальних машин, скіпів доменних печей.

Руйнування через корозійну втомленість виникають внаслідок сумісної дії змінних напружень і корозійно-активного середовища. В процесі корозійної втомленості виникають тріщини (головним чином всередині кристалічних решіток). Біля невеликих місцевих корозійних пошкоджень поверхні (початкове утворення) створюється концентрація напружень, що врешті-решт і призводить до руйнування деталей в процесі їх подальшої експлуатації.

Деталі, що працюють в умовах корозії, необхідно піддавати поверхневому зміцненню і захищати від корозії. Але для цих випадків існують корозійностійкі сталі.

Причиною відмови є сумісна дія змінних напружень і корозійно-активного середовища.

Характерною ознакою руйнування є поверхня злому, покрита шаром продуктів корозії.

До об'єктів, що піддаються корозійній втомленості, відносяться осі і вали деяких насосів, деталі гідравлічних пресів і циліндрів, деталі прокатних станів, що підлягають водяному охолодженню.

Руйнування через термічну втомленість виникає при тривалій дії циклічно змінних теплових напружень. Критеріями опору термічної втомленості є число теплозмін до створення тріщин і величин залишкової деформації, або ж обидва сумісні критерії.

Причиною відмови тут є циклічно-змінні теплові напруження. Характерною ознакою пошкодження є утворення на поверхні деталей тріщин розгару.

До об'єктів такого типу пошкодження відносяться палети агломераційних машин, деталі колосникової решітки випалювальних машин, тракту видачі агломерату, гармат чавунних льоток і машин для їх розкриття, чаші чавуновозів і шлаковозів, хоботи завалювальних машин, прокатні валки, виливниці, кліщі колодязних кранів, кристалізатори печей повторного переплаву (ЕПП, ЕШП, ВДП, ПДП) та інше.

3. ВІДМОВИ ОБЛАДНАННЯ ЧЕРЕЗ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

3.1. Види, класифікація і процеси зношування

Зношування — процес поступового змінення розміру і форми тіла при терті, а також корозії. Наслідком зношування є знос, який в свою чергу, є функцією часу. Основним показником зносу є швидкість зношування, що визначається як відношення величини зносу до часу, на протязі якого проходить процес зношування. Розрізняють миттєву (в конкретний момент часу) і середню (за певний інтервал часу) швидкості зношування. З часом величина зносу досягає граничного значення, при якому подальша експлуатація деталі має бути призупинена для запобігання аварійному руйнуванню чи різкому погіршенню техніко-експлуатаційних характеристик об'єкта. Відомо, що причиною відмови переважної кількості машин та їх деталей (80–90%) є знос.

В більшій мірі зношування пов'язано з тертям, найбільш широке поширення отримала молекулярно-механічна теорія тертя, згідно з якою тертя обумовлено подоланням адгезійних зв'язків між поверхнями тертя і деформованими тонкими поверхнями шарів контактних тіл. Адгезійні зв'язки є наслідком молекулярної взаємодії і утворюються в місцях контакту поверхонь тертя.

Крім адгезійної взаємодії можуть бути вкорінення виступів у тіла, що контактують, внаслідок чого при відносному ковзанні поверхонь перед кожним виступом створюється хвиля матеріалу, що деформується, і його верхні шари розповзаються в боки.

Дуже часто на поверхні тертя деталей попадають сторонні абразивні частинки, які не тільки сприяють інтенсивному стиранню поверхонь тертя, але й підсилюють ефект адгезійних зв'язків.

В залежності від характеру явищ, що обумовлюють ефект зношування, розрізняють три групи зношування спряжених деталей [4,23]: *механічне, молекулярно-механічне, корозійно-механічне* (рис. 1.1).

Внаслідок дії цих видів тертя можуть відбуватись як допустимі зношування, так і недопустимі пошкодження (рис. 1.2).

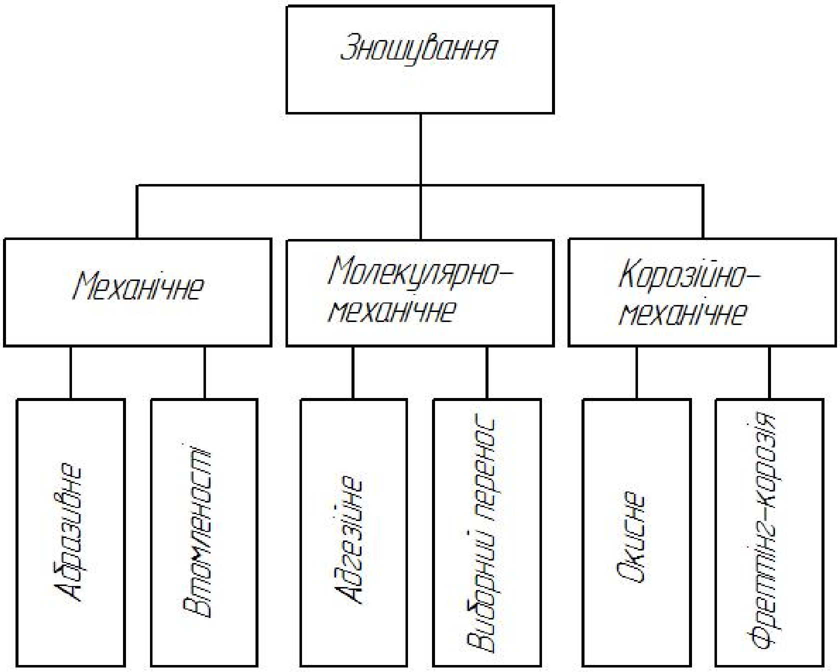


Рисунок 1.1
Класифікація видів зношування

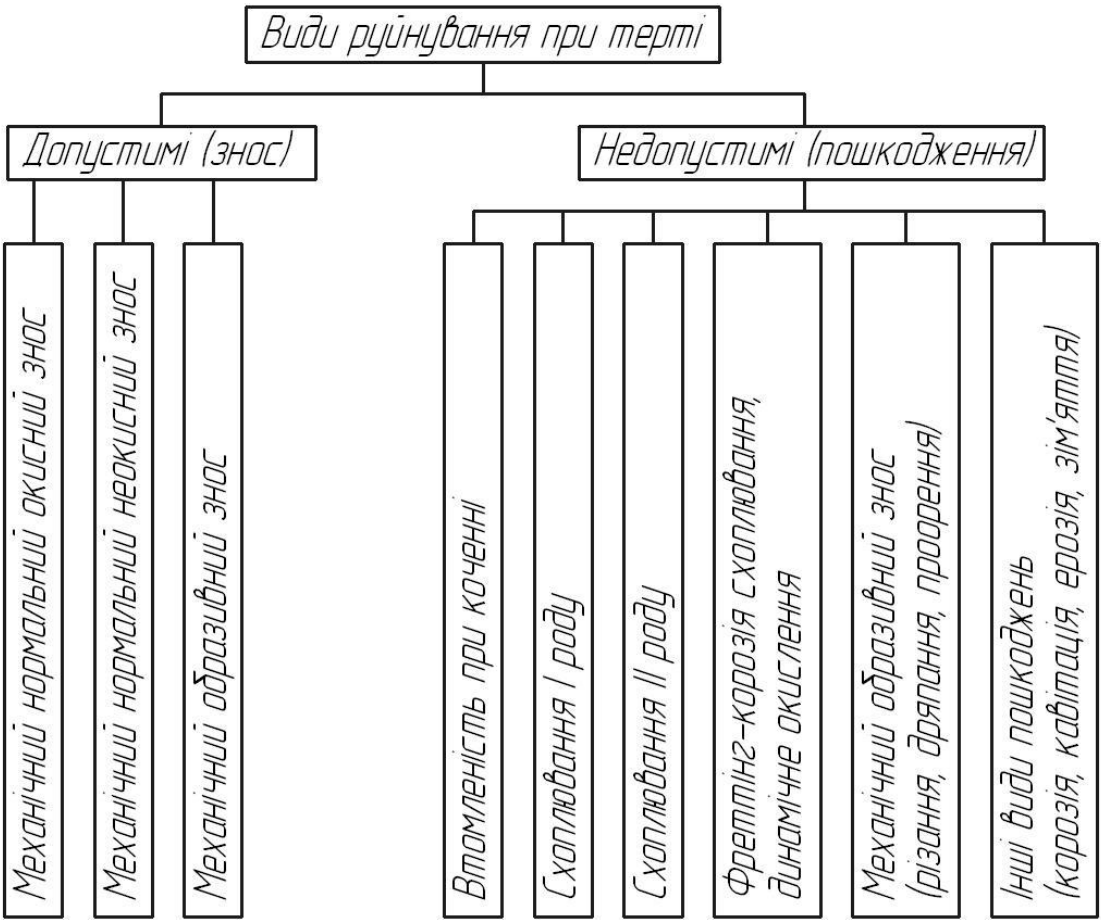


Рисунок 1.2
Класифікація допустимих і недопустимих пошкоджень

Механічне зношування відбувається при механічній взаємодії поверхонь тертя (матеріалів) внаслідок різальної чи дряпальної дії твердих тіл чи частинок (*абразивне зношування*) і внаслідок повторного деформування мікрооб'ємів матеріалу, що призводить до виникнення тріщин і відокремлення частинок (*зношування втомленості*).

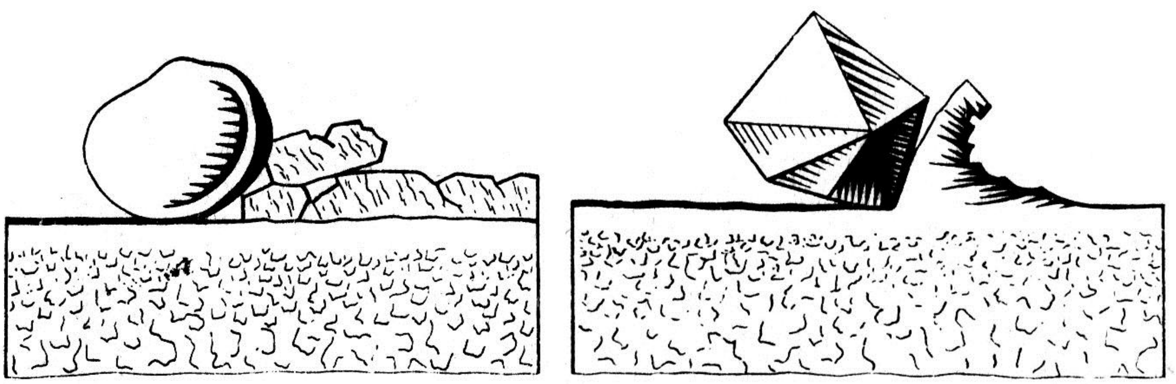
Характерними ознаками абразивного зносу є гладенька матова поверхня з утворенням в окремих випадках мілких подряпин, а також змінення розмірів контактних частин деталей. Абразивні частинки можуть бути металевими, мінерального походження, продуктами окислення мастильних матеріалів. Часто абразивні частинки є продуктами зносу руйнівних мікрооб'ємів поверхонь тертя. Деякі ж деталі працюють в абразивному середовищі.

Існують дві чітко виражені форми проявлення абразивних процесів, які відрізняються характером взаємодії частинок з поверхнею металу [40]:

I — з перевагою механохімічного руйнування (пластичне деформування поверхневих об'ємів, їх окислення і наступне руйнування утворених плівок). Ця форма є різновидом механохімічного зносу.

II — з перевагою механічного руйнування металу поверхневих шарів (проникнення абразивних частинок і руйнування поверхневих об'ємів металу без відокремлення окремих частинок основного металу чи зі зняттям мікростружки). Ця форма відноситься до недопустимих при зовнішньому терті процесів пошкодження.

Моделі будови поверхневих шарів при I і II формах абразивного зносу і пошкодження показані на рис.1.3.



а) б)

Рисунок 1.3

Моделі будови поверхневих шарів при I(а) і II(б) формах абразивного зносу

Суто механічному зносу піддаються підшипники ковзання, вали, осі, напрямні крейцкопфи, куліси, втулки, натискні гвинти і гайки. Абразивному зносу піддаються відкриті зубчасті передачі, деталі завантажувальних пристроїв, бункери, льотки, тобто, все те, що контактує з абразивами.

Зношування втомленості відбувається внаслідок циклічної дії на мікровиступи поверхонь тертя. Відокремлення частинок може відбуватись і внаслідок наклепу поверхневого шару, який ставши крихким, руйнується. Найбільш часто зношування втомленості спостерігають в зубчастих передачах і підшипниках кочення, тобто при терті кочення і коченні з проковзуванням. Руйнування поверхонь при пошкодженнях втомленості характеризується виникненням мікротріщин, одиничних та групових западин. При цьому виді руйнування швидкості процесів, що обумовлюють явища втомленості металів, перевищують швидкості інших процесів на поверхнях тертя, тому процес руйнування втомленості стає переважним.

Модель будови поверхневих шарів зображена на рис. 1.4.

Молекулярно-механічне зношування, що поділяється на адгезійне зношування і зношування виборчого переносу, частіше всього відбувається внаслідок *схоплювання, викришування матеріалу, переносу його з однієї поверхні тертя на іншу і дії нерівностей на спряжену поверхню*. Цей вид зносу відноситься до недопустимих видів пошкодження, бо володіє високою інтенсивністю і призводить в деяких випадках до заїдання і відмови спряження, проте до цього не відноситься зношування виборчого переносу, бо воно характеризується лише атомарними явищами в зоні контакту і, навпаки, перенос частинок на атомарному рівні може сприяти рівномірному розподіленню тиску на поверхні тертя.

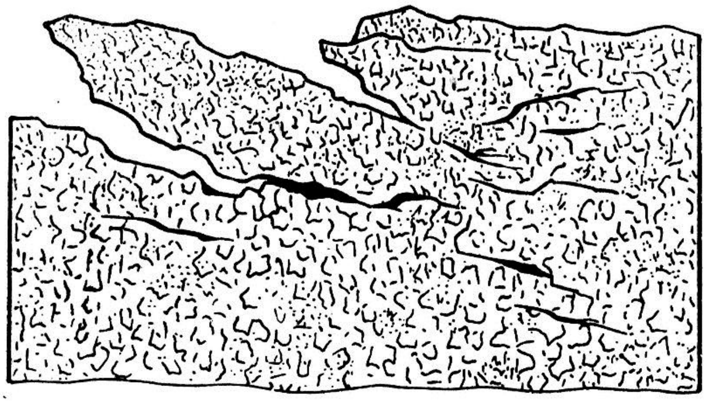


Рисунок 1.4
Модель будови поверхневих шарів при руйнуванні втомленості

Особливо шкідливим є процес схоплювання. Схоплювання поділяється на два види*: схоплювання I роду* і *схоплювання II роду.*

Схоплювання I роду є процесом недопустимого пошкодження поверхонь тертя внаслідок виникнення локальних металевих зв'язків, їх деформації і руйнування з відокремленням часток металу чи налипанні на поверхні контакту. При цьому виді пошкодження швидкість процесу створення металевих зв'язків перевищує швидкості інших процесів і стає переважною. Виникнення ж металевих зв'язків відбувається при інтенсивній деформації поверхневих об'ємів металу, що обумовлено атермічною пластичністю [40]. Пластична деформація в цих умовах викликає змінення стану поверхні, руйнування плівок оксидів і плівок змащення.

Модель будови поверхневих шарів при схоплюванні I роду показана на рис. 1.5.

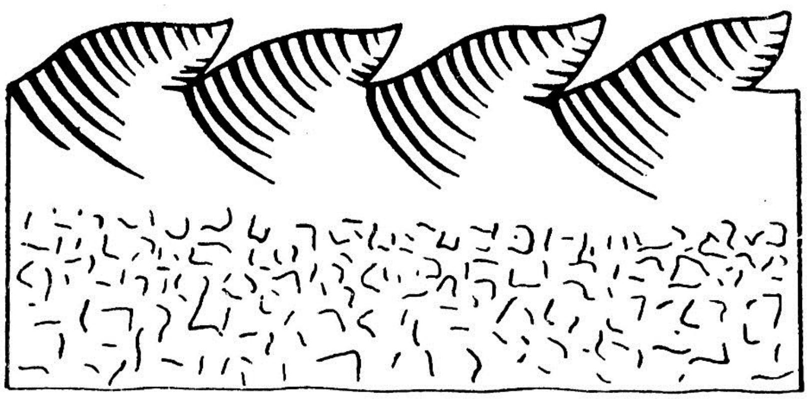


Рисунок 1.5
Модель будови поверхневих шарів при схоплюванні I роду

Схоплювання II роду є також процесом недопустимого пошкодження поверхонь тертя. Воно проявляє себе в утворенні місцевих металевих зв`язків, їх деформації і руйнуванні в середовищі тріщин, намазуванні, переносі металу і окремих частинок з поверхонь тертя. При цьому швидкість процесу утворення металевих зв'язків перевищує швидкості інших процесів і стає пріоритетною. Виникнення металевих зв'язків обумовлено нагрівом, розм'якшенням, деформацією і контактуванням ювенільних поверхонь [40]. Воно виникає при терті ковзання з великими швидкостями відносно руху і значними питомими тисками і може проявлятись при сухому терті і граничному змащуванні. Це частіше може відбутися при терті металів, що мають різні механічні властивості. Серед сталей цей вид схоплювання найбільш властивий маркам з різко виявленим переходом до термічної пластичності.

Модель будови поверхневих шарів при схоплюванні II роду показана на рис. 1.5.

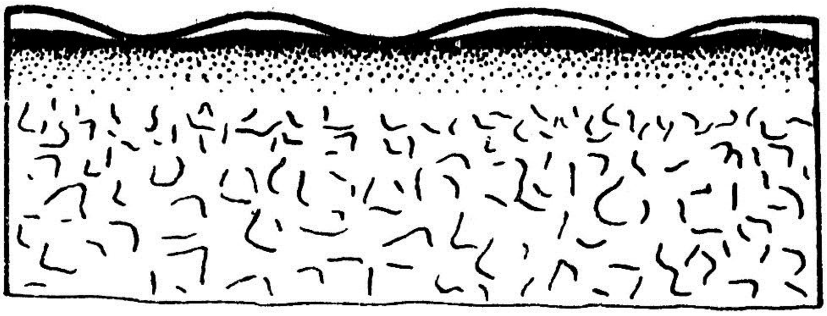


Рисунок 1.6
Модель будови поверхневих шарів при схоплюванні II роду

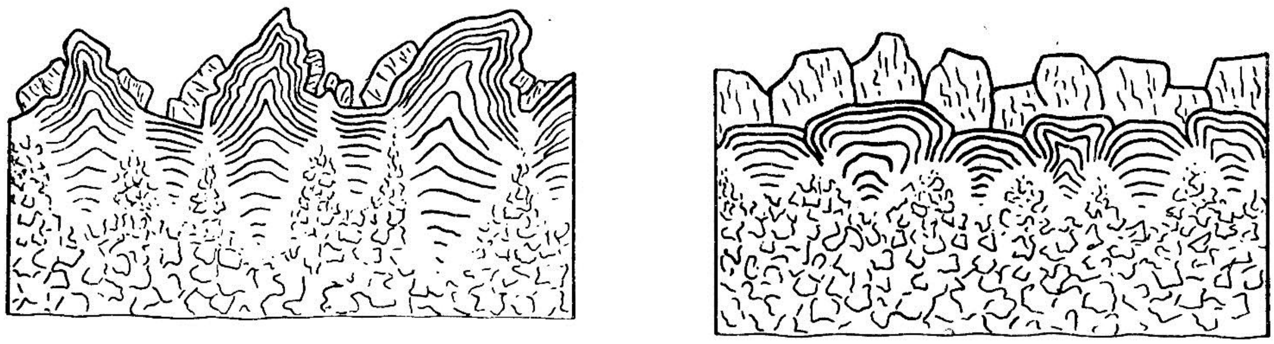
Адгезійне зношування ще називається *зношуванням при заїданні*. Причиною цього виду руйнування є утворення високої температури в окремих точках металу пар тертя, що приводить до зварювання контактуючих виступів, до виривання металу з поверхні однієї деталі і наростам металу на поверхні іншої деталі. Таке відбувається частіш через відсутність змащення на поверхнях тертя внаслідок його видавлювання при великих навантаженнях і швидкостях. Основним проявленням зношування при заїданні є задири.

Об`єктами цього виду зношування частіше бувають зубчасті передачі і підшипники ковзання.

Корозійно-механічне зношування поділяється на *окислювальне зношування* і *зношування при фреттінг-корозії*. Перше характеризує процес зношування при наявності на поверхнях тертя захисних плівок, які утворились внаслідок взаємодії матеріалу з киснем, друге — зношування спряжених тіл при малих коливальних переміщеннях. Наявність оксидних плівок не виключає можливості їх руйнування від втомленості, а лише створюються специфічні умови, що пов'язані з руйнуванням більш крихкого матеріалу. Після руйнування старого оксидного шару під дією кисню утворюється новий шар і т. д. На ділянках, пошкоджених фреттінг-корозією, відбуваються процеси схоплювання, абразивні і втомлено-корозійні руйнування. Модель побудови поверхневих шарів при фреттінг-процесах показано на рис. 1.7.

Фреттінг-корозія поділяється на три стадії. На першій стадії відбувається деформація мікровиступів, схоплювання окремих ділянок, утворення і руйнування оксидних плівок. Друга стадія пов'язана з

утворенням і віддаленням з зони контакту зруйнованих оксидних плівок. Третя стадія пов'язана з руйнуванням поверхневих шарів, попередньо послаблених втомленістю й корозійними процесами.



а) б)

Рисунок 1.7

Модель будови поверхневих шарів при фреттінг процесі внаслідок схоплювання (а) і динамічного окислення (б)

За величиною швидкості проходження процесу розрізняють три групи зношування: *процеси швидкопрохідні, процеси середньої швидкості, повільні процеси*. Процеси швидкопрохідні спостерігаються при абразивному, адгезійному з заїданням зношування і фреттінг-корозії третьої стадії. Процеси середньої швидкості мають місце при втомлено-малоциклічному зношуванні (при крихкому руйнуванні), зношуванні з молекулярним переносом, оксидному зношуванні (третя форма — періодичне утворення і викришування цільних твердих і крихких шарів хімічних сполучень кисню і металу). Повільні процеси виникають при зношуванні від втомленості, зношуванні при вибірковому процесі, оксидному зношуванні (перша форма — відділення з поверхонь тертя ультрамікроскопічних адсорбованих плівок; друга форма — відділення мікроплівок твердих розчинів і евтектик хімічних сполучень кисню і металу). Якщо при взаємодії поверхонь виникають різні види зношування, то пріоритетним є той, що має більшу швидкість.

3.2. Зношування типових деталей

ВАЛИ І ОСІ

В роботі [8] наведено різні причини вибракування деталей. Через граничний знос шийок вибраковується 40% валів, через тріщини в шийках — 5%, через тріщини в підматочинній і середній частинах — 40%,

інші — 15%. Внаслідок зносу цапф і шийок валів і осей на їх циліндричній поверхні з'являються надрізи, риски, подряпини і таке інше.

Крім тривалого функціонування до появи зносу можуть призводити деякі помилки при проектуванні (недостатній запас міцності, неправильний вибір матеріалу, ненадійний захист від забруднення), при виготовленні (відхилення від заданих розмірів та форми поверхонь, порушення технології зміцнення і термообробки і т.п.) та при недодержуванні правил експлуатації (несвоєчасна заміна ущільнень й мастил, несправність фільтрів, використання інших марок мастил та ін.).

ПІДШИПНИКИ КОВЗАННЯ

Головними критеріями працездатності підшипників ковзання є опір зношуванню і заїданню та опір втомленості при пульсивному навантаженні [8].

Зношування підшипників ковзання, як відмічено в роботі Д.Н. Решетова, може бути внаслідок недостатньої несучої здатності мастильного шару при сталому режимі роботи, неминучого змішаного тертя при пуску і зупинці (при відсутності гідростатичного розвантаження) і особливо при попаданні разом з мастилом абразивних часток, сумірних з товщиною шару мастила. Якщо в мастилі накопичаться продукти зносу, розміри яких перевищують величину товщини робочої мастильної плівки, то відбудеться подальше підсилення процесу зношування поверхонь тертя.

Заїдання, зазвичай, виникають внаслідок місцевої втрати мастильною плівкою власної захисної властивості через підвищених загальних і особливо місцевих тисків і температур. В цьому випадку можливе розривання мастильної плівки і безпосередня дія поверхонь цапфи і підшипників один на одного. Внаслідок цього можуть «зварюватись» поверхні тертя на значній площі і ,як наслідок, відбудеться заїдання підшипника.

Виходом з такого положення може бути додавання різних твердих присадок в рідке мастило. В цьому випадку поверхні цапф і підшипники будуть розділені частками твердого змащення, які усуватимуть чи в значній мірі зменшать можливість заїдання підшипників.

Руйнування втомленості фрикційного шару має місце при суттєвій пульсації навантаження (наприклад, в поршневих машинах, машинах вібраційної і ударної дії). Підшипники з малими зазорами можуть відмовити через термічні деформації, що призведе до захоплення цапф.

ПІДШИПНИКИ КОЧЕННЯ

Найбільш поширеними причинами відмови підшипників кочення є помилки розрахункового характеру, відхилення від технічних умов на експлуатацію, неякісний матеріал деталей, неадекватне спряження підшипників в опорах і інше [8].

Суттєве зниження довговічності підшипників відбувається при наявності навіть невеликих корозійних плям чи раковин на поверхні кочення. Тому для використання підшипників з такими дефектами не рекомендуються.

На тілах і на доріжці кочення зовнішнього кільця можуть виникати викришування втомленості при обертанні з високою частотою через появу значних відцентрових сил від тіл кочення.

В підшипниках з підвищеними радіальними зазорами при дії легких навантажень може відбуватись відносне проковзування поверхні кочення, що призводить до зношування тіл кочення і доріжки кочення нерухомого кільця підшипника. Знос від проковзування зростає при зменшенні навантаження на підшипник, при збільшенні частоти обертання підшипника і радіального зазору, а також при підвищеному опорі обертанню тіл кочення із сепаратором. В роликових підшипниках проковзування спостерігається частіш, ніж в кулькових. Суттєво впливає на проковзування осьовий зазор роликів відносно напрямних буртиків нерухомого зовнішнього кільця. При малому чи збільшеному осьовому зазорі обертання роликів супроводжується підвищеним тертям їх об напрямні буртики і гальмується ними, що збільшує проковзування.

Через удари і коливання на поверхнях кочення виникають налипання і контактна корозія, внаслідок чого наступна робота підшипника супроводжується підсиленим зношуванням перемичок сепаратора, тіл кочення і передчасного його відмови.

Однією із поширених причин передчасного руйнування підшипників є перекіс осей, валів, колес і т. д. Особливо чутливі до перекосів роликові підшипники. Тому, де це доцільно, слід використовувати підшипники, що самоцентруються і допускають перекоси до 3^{o}.

Багато випадків відмови підшипників має місце при дії абразивних часток, що проникають в підшипникові вузли. В цьому випадку слід використовувати надійні ущільнення.

ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ

Одним із найбільш небезпечних видів руйнування, що призводить до відмови зубчастої передачі та пошкодження інших деталей машин, є поломка зубців. Вона може відбуватися через появу великих перевантажень ударної чи статичної дії, або ж через основні багаторазові повторні навантаження, які призводять до втомленості матеріалу.

Основною причино відмови відкритих зубчастих передач і закритих передач, що працюють у середовищі, забрудненому абразивами, є абразивний знос. Він викликає підвищені динамічні навантаження і шум, сприяє послабленню міцності зубців. Застосування змащення лише зменшує його вплив, але не усуває повністю. Тому поряд зі змащенням вкрай доцільно захищати зачеплення від забруднення абразивами.

Поширеним видом зносу є сколювання , яке виникає в найбільш в'язких матеріалах і тоді, коли напруження на зріз, викликане рухом пружної хвилі попереду площі дотику криволінійних поверхонь, перевищує міцність матеріалу на зріз. Особливо часто сколювання відбувається у зачепленні в період пуску тяжконавантажених валів. Для усунення цього фактору рекомендується після виготовлення зачеплення обкатувати його під більшим навантаженням, ніж при його роботі.

ЧЕРВ'ЯЧНІ ПЕРЕДАЧІ

Головними причинами відмови черв'ячних передач є поверхневі руйнування у вигляді заїдання і зносу зубців. Це пов'язано з тим, що черв'ячні передачі в порівняні із зубчастими перебувають у несприятливих умовах щодо гідродинамічного змащення.

Заїдання особливо небезпечні у випадках, коли колеса виготовлені з твердих матеріалів (твердих бронз і чавуна). При цьому заїдання відбуваються зі значними пошкодженнями поверхонь і наступним дуже інтенсивним зносом зубців колеса частками матеріалу самого колеса, що приварились до черв'яка. Якщо ж колеса виготовлено з м'яких матеріалів, то заїдання спостерігається в більш безпечній формі, бо в цьому випадку бронза просто намазується на черв'як.

Викришування втомленості спостерігають переважно в передачах з колесами, виготовленими із нестійких проти заїдання бронз.

Загалом же будь-який вид зносу обмежує термін служіння більшості черв'ячних передач. Тим більш, що після інтенсивного зносу зубців може відбуватись їх злом (головним чином, тільки колес).

ГВИНТОВІ ПАРИ (ХОДОВІ)

Основною причиною відмови ходових гвинтових передач є знос. Це пов'язано з тим, що в порівнянні з іншими передачами тут має місце чисте ковзання між робочими поверхнями гвинтів і гайок, що призводить до утворення значних сил тертя. Тобто, тут створюються «ідеальні» умови для зносу через тертя. І чим більше буде тиск в нарізці, тим інтенсивніший буде знос. Тому для забезпечення необхідної зносостійкості тиск у гвинтовій парі має бути менше допустимого. Допустимий тиск для пар, МПа: загартована сталь — бронза — 12; незагартована сталь — бронза — 9; незагартована сталь-чавун — 5. Для гвинтів натискних пристроїв прокатних станів тиск у нарізці приймається більшим і складає 15–20 МПа.

ШЛІЦЬОВІ І ШПОНКОВІ З'ЄДНАННЯ

Шліцьові з'єднання отримують відмови, головним чином, через знос бокових (робочих) поверхонь шліцьових зубців. Цей знос пов'язаний з циклічним зміцненням деталей з'єднання під дією радіальних навантажень, внаслідок незбігу чи взаємного нахилу осей при дії крутного момента. Початковий монтажний перекіс може зростати при роботі за рахунок теплових деформацій, змінення взаємного розташування деталей під навантаженням і т. д. [4, 8].

Знос проходить більш інтенсивно при розвитку на робочих гранях контактної корозії, яка з'являється навіть у з'єднаннях з високою твердістю робочих поверхонь (HRC 45–55), і порівняно невисоких середніх контактних напруженнях $\sigma_{ЗМ} = 50$ Н/мм^2 (напруження зім'яття).

Шпонкові з'єднання отримують відмови, головним чином, через зім'яття бокових поверхонь. Причиною цього може бути неправильний підбір матеріалу і розмірів, або ж наявність більш високих навантажень (статичних і динамічних), ніж передбачено розрахунками.

3.3. Методи замірів зносу

Існують різноманітні методи виміру зносу від самих простих, коли звичайними засобами здійснюють вимірювання розмірів зносу деталей, до самих складних — з застосуванням засобів, побудованих на ядерно-фізичних процесах.

До найбільш поширених відносяться наступні методи:

- *мікрометричних вимірів;*

- *штучних баз;*
- *поверхневої активації;*
- *визначення зносу по вмісту продуктів зношування в мастилі.*

Метод мікрометричних вимірів побудований на вимірах деталі до і після зношування за допомогою мікрометрів, індикаторів чи інших приладів, точність яких вимірюється в межах 1–10 мкм. При цьому слід враховувати точність вимірювального приладу, бо від неї буде залежати точність виміру. Так, наприклад, точність штангенциркуля складає 0,1 мм, мікрометра — 0,005 мм, компаратора — 0,001 мм, інтерференційних приладів — 0,0005 мм. Недоліками цього методу є неможливість здійснення вимірів у процесі роботи машин, необхідність розбирання вузлів, а при відсутності вимірювальної бази неможна встановити достовірну величину зносу і форму деталі.

Метод штучних баз полягає в тому, що на зношуваній деталі наносять поглиблення строго визначеної форми у вигляді конуса, піраміди і т.п. і за зменшенням розмірів цього поглиблення (відбитка) установлюють величину зносу. Для створення поглиблення застосовують способи вдавлювання (метод відбитків) і вирізання (метод лунок).

Недоліком методу відбитків є те, що навколо відбитку відбувається спучування матеріалу, внаслідок чого спотворюється форма поглиблення. Метод лунок позбавлений цього недоліку, що дозволяє отримати більш вірогідні результати вимірів.

Загальним недоліком методу штучних баз є те, що він може бути використаним лише для виміру зносу тих деталей, на поверхні яких можна виконати поглиблення.

Метод поверхневої активації побудовано на тому, що величина зносу пов'язана з величиною радіоактивності, яка первісно на заданій ділянці деталі створюється шляхом її опромінення зарядженими частками (дейтронами, протонами, альфа — частками) на глибину 0,05–0,40 мм.

Величина зносу деталі визначається за допомогою тарувальних графіків шляхом співставлення величини зниження радіоактивності деталі зі зниженням радіоактивності зразків, активизованих в однакових умовах з деталлю. Даний метод відрізняється від попередніх високою точністю і може застосовуватись без розбирання певних вузлів і зупинки машини.

Метод визначення зносу за вмістом продуктів зносу в мастилі побудовано на взятті проби у відпрацьованому мастильному матеріалі,

в якому перебували продукти зносу, що являють собою металеві частки, оксиди металів і продукти хімічної взаємодії металів з активними компонентами мастила.

Для аналізу проб відпрацьованого мастильного матеріалу застосовуються різноманітні методи: *хімічний, спектральний, радіометричний, активаційний.*

Хімічний метод ґрунтується на визначенні вмісту заліза і інших продуктів зношування в золі спаленої масляної проби.

Спектральний аналіз побудовано на визначенні складу домішок у мастилі за допомогою спектрального складу полум'я при спалювані проби мастила.

Радіометричний метод ґрунтується на вимірах радіоактивності продуктів зношування, що перебувають у мастильному матеріалі, який накопичується у масляному фільтрі внаслідок зносу радіоактивних деталей, котра створюється введенням радіоактивних ізотопів у плавку чи через покриття деталей радіоактивним шаром.

Активаційний аналіз має загальні риси з спектральним і радіометричним методами. Склад продуктів зношування в мастилі визначається за їх радіоактивністю аналізами спектрів гамма-випромінювання проби після опромінення взятої проби нейтронами.

Більш детально з вищеописаними методами можна ознайомитись в книзі А.С. Проникова [33].

1. ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ

ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА

Підготовка до відновлювальних робіт розпочинається з перевірки деталей на технологічність їх виготовлення чи відновлення на ремонтному підприємстві, намічаються підприємства або цехи для їх виготовлення чи ремонту. На деталі власного виробництва (відновлення) складаються ремонтні (технологічні) карти, які ураховують прогресивні способи виготовлення деталей, а також складають завдання на проектування оснастки (кондукторів, візків, триног і спеціального інструменту) [39].

Способи відновлення деталей вибирають з урахуванням конструктивних особливостей матеріалу, виду навантажень, а також величини і характеру зносу. Особливу увагу приділяють вибору способу відновлення деталей, що сприймають значні знакозмінні навантаження. Тому в цьому випадку можна застосовувати способи, які будуть знижувати границі втомленості деталей (втомну міцність). Перевагу віддають способам найбільш економічним, це визначається шляхом поділення вартості відновлення на термін служіння деталі після ремонту.

Ремонтні карти розроблюють на всі основні деталі з урахуванням можливостей ремонтного підприємства. Вони повинні мати дані браковочних карт, а також вказані способи відновлення ремонтопридатних деталей, відповідне обладнання і інструмент з наведенням норм часу і розцінки на виконання кожної операції.

РОЗБИРАННЯ ОБЛАДНАННЯ

Розбирання проводять за технологічними картами і графіками. Методи і засоби демонтажу не повинні пошкоджувати демонтовані деталі. Для відгвинчування шпильок слід застосовувати спеціальні патрони чи ключі-шпильковерти. Для демонтажу шківів, фланців, муфт і інших деталей, посаджених на вали і осі, застосовуються різноманітні самоцентрувальні зйомники. Не можна роз’єднувати деталі зі щільними, тугими і пресовими посадками шляхом нанесення по деталям

ударів, коли це буде призводити до порушення посадкових місць, наклепам і іншим дефектам. У виняткових випадках можна застосовувати удари через мідні, латунні чи дерев'яні надставки, або ж молотки з цих матеріалів.

Особливо обережно належить демонтувати підшипники, частина яких може виявитись придатною для подальшого використання. Тому всі підшипники випресовувати з корпусів і знімати з валів належить таким чином, щоб не пошкодити їх деталей. Особливо це стосується демонтажу роликових радіально-сферичних підшипників, бо вони дуже чутливі до ударів і легко пошкоджуються (викришуються буртики внутрішніх обойм). Але навіть пошкоджені підшипники належить знімати обережно, щоб не пошкодити спряжені поверхні.

Випресування підшипників здійснюють витискними болтами, спеціальними пристроями (зйомниками) чи за допомогою пресів. Пристрій установлюється таким чином, щоб зусилля передавалось на ту обойму, яка посаджена з більшим натягом (у більшості випадків з більшим натягом насаджуються внутрішні обойми). Зусилля має надаватись без ривків і перпендикулярно до торця підшипника.

Для полегшення зняття з валів великих підшипників їх внутрішні обойми підігрівають шляхом поливання мінеральним мастилом, нагрітим до температури 90–100 °С. Для цього демонтований вузол установлюють на підставках, на обойму закріплюють зйомник, поливають мастилом і поступово збільшують зусилля зняття. Таким же чином можна знімати підшипники, що перебувають всередині корпусів, але при цьому підігрівають корпус.

Використовувати ж для підігріву газові пальники, що використовуються для зварювання чи порізки металів, не можна через можливість остаточного деформування деталі значними перепадами температури. В той же час можна використовувати промислові фени (наприклад, МНР-1500), які створюють сфокусований розігрітий струмінь повітря.

При розбиранні гідравлічних вузлів слід усвідомлювати, що їх деталі не взаємозамінні, оскільки мають дуже високу точність підгонки і чистоту поверхні спряжених поверхонь (скалка золотника-втулка; клапан-сідло; сопло-заслінка та інше). Тому кожний комплект необхідно маркувати і окремо зберігати.

ЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Перед відновленням деталей їх старанно очищують від бруду і продуктів зносу. Для цього при ручному очищенні використовують керосин і бензин.

При механізованому чищенні у виварювальних ваннах чи інших мийних машинах (наприклад, конвеєрних) миття здійснюється гарячим розчином каустичної соди. Деталі миють у розчині протягом від 6,0 до 20,0 годин. Потім деталі обмиваються гарячою водою.

Склад розчинів для гарячого миття деталей наведено в таблиці 2.1. Промиті і нейтралізовані гарячою водою деталі сушать стисненим повітрям.

Для деталей гідравлічних вузлів і підшипників кочення в якості обмивальної рідини використовують гарячу воду з 8,0–10,0% вмістом змащення УТВ.

Таблиця 2.1

Склад розчинів для гарячого миття деталей

Номер розчину	Склад компонентів, г/л						
	Сода каустична	Сода кальцинована	Натрій фосфорно-кислий	Мило зелене	Їдкий натрій	Вуглекислий натрій	Рідке мило
1	7	11	9	1,5	–	6	–
2	–	–	–	3	23	–	–
3	5	–	–	–	–	–	10

Деталі гідро- і пневмоапаратури, підшипники кочення можуть очищатись за допомогою ультразвуку. В цьому випадку деталі занурюють у ванну з лужним розчином, у днище якої вмонтовано магнетострикційні генератори пружних коливань, що сприяють віддалянню забруднення. Перевагою ультразвукового очищення є його висока продуктивність (очищення одної деталі складає декілька десятків секунд), добра якість очищення, можливість очищення недоступних місць деталей (наприклад, різьбових і шліцьових отворів).

Накип усувають шляхом промивання сталевих деталей у 3–5%-ному розчині тринатрійфосфату чи в 5%-ній соляній кислоті з додаванням кісткового клею. Для віддалення накипу з алюмінійових деталей застосовують один з наступних складів (на 1 л води) [28]:

– фосфорна кислота — 100 *см*^{3}, хромовий ангідрит — 20 *г*;
– розчин 5%-ної азотної кислоти;
– розчин 10…15%-ної оцтової кислоти.

СОРТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗА ОЗНАКАМИ ПРИДАТНОСТІ

Після очищення і сушіння деталі оглядають з метою установлення міри зносу і можливості подальшого їх використання. Оцінку придатності деталей здійснюють згідно зі спеціальними технічними умовами, зовнішнім оглядом чи за допомогою вимірювальних інструментів, контрольних пристосувань, приладів і спеціальної апаратури.

Технічні умови мають перелік можливих дефектів деталей і способи їх виявлення з вказівкою необхідних для цього контрольних інструментів, приладів чи пристосувань, а також бракувальні карти. Останні висвітлюють ознаки зносу, при яких деталі відносять або до придатних для повторного використання без ремонту, або до тих, що потребують ремонту, або ж до тих, що підлягають вибраковці. Ці карти складають за формою *1* (таблиця 2.2).

Крім цих карт складається відомість дефектування за формою *2* (таблиця 2.3). Вона є основним документом для планування роботи цехів і дільниць, що займаються відновленням деталей, для технічних і економічних аналізів конструкцій машин, а також для встановлення термінів служби деталей.

***Таблиця 2.2** — Бракувальна карта* *Форма 1*

Номер та найменування деталі	Ескіз деталі з вказівкою контрольних розмірів і ознак	Кількість деталей на машину	Матеріал	Маса деталі, кг	Ознаки зносу, при яких деталь:		
					придатна	допускається до відновлення	бракується

Таблиця 2.3 — Відомість дефектування *Форма 2*

Номер та найменування деталі	Кількість деталей				Види дефектів, через які деталь забракована
	на одну машину	придатних	належить до відновлення	остаточно браковані	

При перевірці і сортуванні деталі, що були у вжитку, поділяються на три групи [39]:

1. Придатні деталі, знос яких перебуває у межах допустимих величин, що передбачені бракувальними картами. На кожній придатній деталі ставлять тавро контролера і направляють на склад для зберігання у якості готових виробів.

2. Деталі, знос і пошкодження яких можуть бути усунені. Ці деталі маркують умовними знаками (цифрами чи фарбами різних кольорів) в залежності від необхідного способу відновлення і направляють до ремонту.

3. Деталі, що остаточно забраковані внаслідок повного зносу чи серйозних пошкоджень, а відновлення їх неможливе чи економічно недоцільне.

Відновленню не піддаються:

– підшипники кочення з пошкодженими доріжками обойм, кульок й роликів, з корозією робочих поверхонь, при наявності віспинок та відшарувань на робочих поверхнях, а також у випадку зносу посадкових місць обойм і руйнування сепараторів;

– пружинні шайби й пружинні кільця у випадках наявності залишкових деформацій чи зломів;

– розірвані чи розтягнуті ущільнення з шкіри й гумової суміші, прокладки з неметалевих матеріалів;

– болти, гвинти, шпильки, пробки та гайки зі зірваними різьбами;

– шпонки, що мають залишкові деформації чи зменшені розміри.

Зважаючи на конкретні обставини, можуть не підлягати відновленню й інші деталі.

2. МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ДЕТАЛЕЙ

Під час експлуатації за рахунок дії різноманітних факторів впливу (абразивні і агресивні середовища, підвищена температура, статичні і динамічні перевантаження і т. п.) деталі змінюють свою геометричну форму, через що з'являються недопустимі послаблення в місцях посадки, люфти в зачепленні, в рухомих з'єднувальних елементах і остаточні деформації в нерухомих з'єднаннях і тому подібне.

Для відновлення геометричних розмірів зношуваних деталей застосовуються різноманітні методи, серед яких можна виділити такі:

– механічний;
– металізація;
– нанесення електролітичних покрить;
– нанесення епоксидних композицій;
– покриття еластомірами;
– зварювання і наплавлення;
– анодно-механічне й електроіскрове нарощування;
– ультразвукова обробка;
– плазмове напилення;
– газотермічне напилення (газополумневе, плазмове, електродугове, детонаційне, високошвидкісне, холодне газодинамічне напилення та інше);
– наплавлення (плазмове, вібродугове, під флюсом, індукційне та інше);
– відновлювальне (ремонтне зварювання в захисному та активному середовищах);
– електроконтактне і індукційне припікання порошків;
– холодне зварювання металополімерами Бельзона, Дуристал, Дианант, Люк тайт, Честер, ЛЕО та інші.

Використання цього широкого спектру методів дозволяє відновлювати деталі з будь-якими дефектами. При цьому відремонтовані деталі за якістю не поступаються новим. Тим більш, як показала довголітня практика, вартість ремонту металургійних деталей значно нижче вартості нових. При цьому ще й економиться значна кількість металу.

Проте слід усвідомлювати, що різні способи відновлення суттєво змінюють міцність, зносостійкість, втомну міцність та інші фізико-ме-

ханічні показники. Тому найкращий варіант може виявитись неприйнятним з певних міркувань. Отже вибір має відбуватись з урахуванням технологічних, економічних і організаційних особливостей конкретного методу.

Раціональним способом ремонту належить вважати такий, при якому досягається максимальний міжремонтний період служіння деталі, мінімальна вартість і мінімальна питома вартість ремонту на одиницю часу роботи деталі.

Питома вартість ремонту є показником для економічного порівняння варіантів ремонту [28]:

$$\sigma = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{t} = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{t_i \cdot \lambda} \tag{2.1}$$

де σ — питома вартість ремонту за 1 годину роботи деталі при різних методах ремонту (наприклад, металізації, електролітичних покрить, покрить еластомірами і т. д.);

S_i — вартість ремонту деталі відповідно при різних методах ремонту;

t — термін служіння нової деталі;

t_i- термін служіння відремонтованої деталі;

λ — коефіцієнт зносостійкості покрить, що застосовуються при різних методах ремонту,

$$\lambda = t/t_i$$

Найбільш раціональним буде метод при найменшому значенні σ.

Вартість ремонту деталі визначають за формулою [28]:

$$S = M + З + Н \tag{2.2}$$

де M — вартість матеріалів, що витрачаються на даний вид ремонту;

$З$ — вартість заробітної плати з відповідними нарахуваннями;

H — накладні витрати (сума вартості енергії, експлуатації обладнання, інструментів, пристосувань, технічного обслуговування і т. д.).

При виборі методів слід ураховувати, що деякі з покрить придатні лише для відновлення деталей при нерухомих посадках і терті ковзання при невеликих зносах (0,2–0,3 мм). Також вважається, що ні один з методів ремонту не придатний для відновлення місць зносу при терті кочення (наприклад, під ролики голчастих підшипників) і при місцевому зосередженому навантаженні [28].

2.1. Відновлення деталей механічним методом

Застосовуються два основні методи відновлення зношуваних деталей: механічна обробка під ремонтний розмір і використання додаткових ремонтних деталей.

МЕХАНІЧНА ОБРОБКА ПІД РЕМОНТНИЙ РОЗМІР

Ремонтним розміром називається раніш установлений розмір, що відрізняється від заводського, номінального, якому має відповідати деталь відремонтована.

Відомі два види розмірів: стандартні і вільні. Стандартні ремонтні розміри установлюють для тих деталей чи спряжень, величина зносу яких заздалегідь відома. Вільними вважаються розміри деталей, що установлюються в кожному конкретному випадку з урахуванням фактичного зносу спряжених деталей. Ними користуються для збереження крупних, високовартісних деталей.

Вихідними передумовами для розрахунків стандартних ремонтних розмірів є технічні і економічні міркування, умови міцності деталі, що оброблюється, доцільність її відновлення, додержання певних зазорів у спряженнях та інше. Те, яку із спряжених деталей необхідно замінювати і яку відновлювати, вирішується в кожному конкретному випадку особливо, але більш дорогу доцільно відновлювати, а більш дешеву — заміняти.

Ремонт залишеної деталі полягає в знятті частини металу, щоб після механічної обробки виходила правильна геометрична форма без слідів зносу на робочій поверхні.

Розглянемо три форми зносу і схеми визначення ремонтних розмірів циліндричного тіла (наприклад, валу) (рис. 2.1) [28]: рівномірний знос по колу (рис. 2.1, а), нерівномірний чи однобічний знос без змінення центра валу (рис. 2.1, б) і зі зміненням положення центра валу (рис. 2.1, в).

При збереженні початкового положення центра перерізу валу (рис. 2.1,б) найбільший ремонтний діаметр складатиме [28]:

$$d_{\text{р}} = d_{\text{Н}} - 2 \cdot (\delta_{\text{в}} + \text{x}_{\text{в}}) \tag{2.3}$$

де $d_{\text{Н}}$ — номінальний діаметр шийки вала до зносу;

$\delta_{\text{в}}$ — однобічний знос.

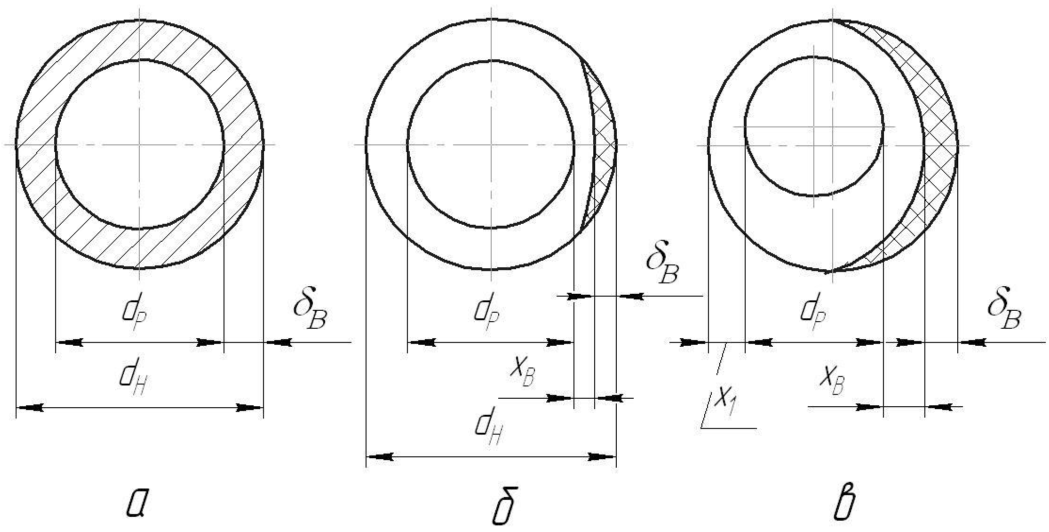


Рисунок 2.1

Схеми визначення ремонтного розміру вала

Якщо ж центр вала зміщується на велику величину x_1, причому $x_1 < x_в$ (рис. 2.1, в), то ремонтний діаметр буде:

$$d_р = d_Н - (\delta_в + x_в + x_1). \quad (2.4)$$

Число можливих ремонтів вала можна визначити за формулами: без змінення його центрів

$$n_1 = d_н - d_{min}/2(\delta_в + x_в);$$

при зміненні центра вала

$$n_2 = d_н - d_{min}/(\delta_в + x_в + x);$$

де d_{min} — допустимий найменший діаметр, що визначається з урахуванням міцності, глибини цементованого шару чи загартованого поверхневого шару і інших факторів вала.

Проте багаторазове змінення розмірів деталей у бік зносу скорочує загальний термін їх служіння.

ВІДНОВЛЕННЯ ВИРОБУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ РЕМОНТНИХ ДЕТАЛЕЙ

Цей спосіб полягає в установці спеціальних вставок, накладок, вкладишів, перехідних втулок, кілець, та інших деталей, що компенсують знос.

Ремонт рівних отворів найбільш просто здійснюється установленням втулок (кілець) на місця посадки зовнішніх кілець підшипників кочення в корпусах редукторів, маточинах колес, у вушках шкворнів і т. д. Проте це потребує попереднього розточування зношуваних отворів, яке здійснюється на розточних, токарно-гвинторізних, фрезерних

чи свердлильних верстатах з використанням кондукторів або інших пристосувань.

Загалом же спосіб має наступні недоліки [20]:

– складність технологічного процесу;

– потреба в складному і дорогому технологічному обладнанні;

– можливість порушення паралельності осей і міжосьових відстаней між отворами;

– зниження міцності корпусних деталей внаслідок розточування і застосування великих натягів при запресуванні кілець;

– не зовсім раціональні витрати металу;

– висока вартість відновлення в порівнянні з іншими способами.

Більш раціональним способом відновлення посадкових отворів в корпусних деталях вважають спосіб установлення сталевих звитних втулок, які виготовляються шляхом звивання із тонкої стрічки, і заміною розточування запресованих втулок обробкою розкочуванням [20].

Посадкові отвори в корпусних деталях відновлюють цим способом в такій послідовності: розточують зношувані посадкові отвори, знімають вхідні фаски, виготовляють звитні втулки, знежирюють розточені поверхні і зовнішні поверхні втулок ацетоном (чи іншим очищувачем), на поверхню отворів наносять спеціальний клей, установлюють звитні втулки, розкочують їх до номінальних розмірів посадкових отворів.

Для виготовлення втулок використовують тільки світлу стрічку з вуглецевих конструкційних сталей марок 35, 40, 45, 50, 55, її завивають з гнуттям у тривалкових згибних пристосуваннях.

В якості клею використовують епоксидні композиції. Його наносять пензлем, а після просушування на протязі 10–15 хвилин (T≈180 ^{0}C) наносять другий шар клею і установлюють втулку.

Втулки, встановлені в посадкові отвори, в залежності від конфігурації деталей і їх розмірів розкочують на токарних чи свердлильних верстатах. Для цього використовують жорсткі диференціальні роликові розкатники, які налагоджують на розмір, що забезпечує необхідну посадку без наступного розточування отвору.

Установлюють втулки на клей при отворах більше 180 мм. При менших діаметрах після розточування отвору на його внутрішній поверхні нарізують гвинтову канавку з кутом профілю 30–35^0, кроком 1 мм для діаметрів 30-80 мм і кроком 0,5 мм для діаметрів 80–100 мм. Під час розкочування метал втулки під тиском роликів вдавлюється в

канавку і за рахунок цього на зовнішній поверхні втулки з'являються виступи, що забезпечує необхідний запас міцності для посадки підшипника з максимальним натягом (хоча в більшості випадків зовнішні кільця підшипників саджаються на перехідній посадці). Проте і цей спосіб має певні недоліки.

2.2. Відновлення деталей металізацією

Металізація — один із способів відновлення геометричних розмірів деталей, при якому розплавлений метал розпилюється струменем газу на часточки розміром 3–300 мкм і зі швидкістю 100–300 м/с наноситься на поверхню відновлюваної деталі, що створює на ній металеве покриття.

Покриття має своєрідну будову і фізико-механічні властивості, які суттєво відрізняються від властивостей вихідного матеріалу. Основними перевагами металізації є:

– можливість отримання доволі товстих шарів нарощуваного металу (до 10 мм), що надає можливість ремонтувати деталі зі значним зношуванням поверхонь;

– незмінність мікроструктури і механічних властивостей металу після нанесення покриття, оскільки нагрівання деталі під час металізації не перевищує 70 ^{0}С;

– здатність нарощеного шару (завдяки пористості) поглинати до 15% мастила і добре утримувати змащення, що забезпечує належну зносостійкість відновленої поверхні (на 30–40 % вище вихідного матеріалу);

– можливість отримання покриття з будь-якого металу і нанесення його на деталі з різного матеріалу (сталі, чавуну, алюмінію, бронзи та інших), різноманітних конфігурацій і розмірів;

– можливість отримання, так званих, псевдосплавів (наприклад, міді і свинцю, алюмінію і свинцю і т. д.)

При підготовці деталей до металізації необхідно провести наступні заходи:

– очистити поверхню деталі від забруднення;

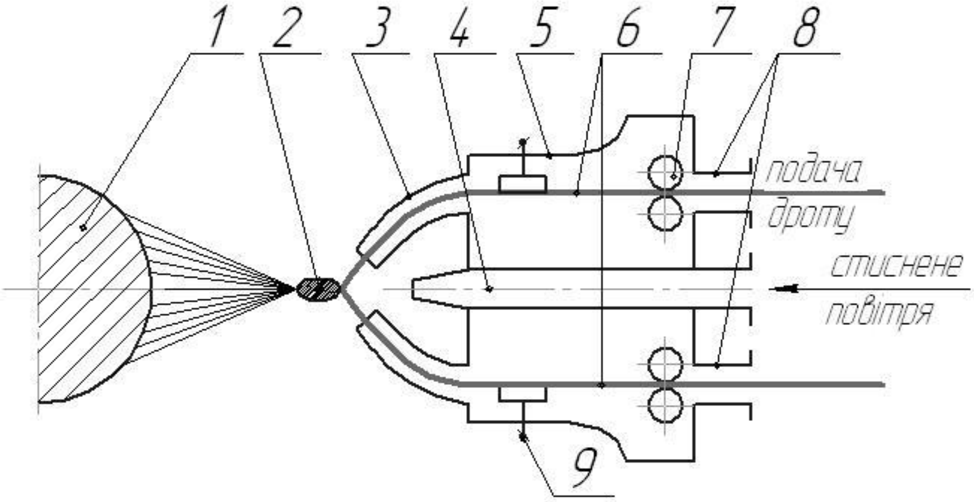
– придати правильну геометричну форму зношуваній деталі;

– зробити поверхню шорсткою для забезпечення належного ступеню зчеплення металізованого шару з основним металом (найкращий варіант нарізання різьблення);

– ізолювати місця, що не піддаються металізації.

В залежності від способу розплавлення металу, що наноситься на поверхню зношуваної деталі, металізація буває електричною (розплавлення електричною дугою або струмом високої частоти — *СВЧ*), газополуменевою (розплавлення газовим полум'ям) і плазмовою (розплавлення плазмовим струменем).

Схема апарата для електрометалізації показана на рис. 2.2.



1 — деталь, що ремонтується; 2 — електрична дуга; 3 — напрямні наконечники; 4 — трубка подачі стисненого повітря; 5 — корпус; 6 — дріт; 7 — ролики подачі дроту; 8 — прийомні трубки; 9 — ковзні контакти

Рисунок 2.2

Схема апарата для електрометалізації

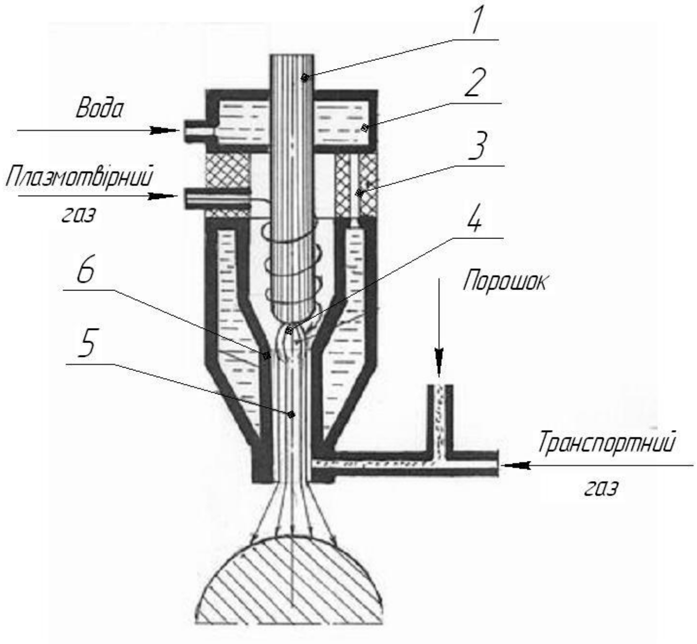
Апарат складається з корпусу 5, напрямних наконечників 3, роликів 7, що подають дріт, прийомних трубок 8. З котушок запасу до прийомних трубок 8 підводиться дріт 6, захищений ізольованими шлангами. За допомогою приводних роликів 7 з карбованою поверхнею дріт по двом шлангам поступає в розпилювальну камеру. При замиканні двох дротів загорається електрична дуга і їх кінці розплавляються, а стиснене повітря, що подається по трубці 4, розпилює метал і направляє його на підготовлену поверхню 1.

Електрометалізаційні апарати поділяються на стаціонарні і ручні. Стаціонарні установлюють на супортах токарних верстатів, а ручні утримують в руках при металізації плоских чи фігурних деталей.

Після металізації деталь оброблюють на верстатах інструментами з пластинками з твердих сплавів, а при дуже високій твердості пок-

риття — шліфуванням чи анодно-механічним способом. Після механічної обробки деталі, що працюють з тертям ковзання, насичують мастилом при температурі 40–50 °С на протязі декількох годин. Металізований шар здатний вбирати мастило до 10% від об'єму. Загалом же твердість й зносостійкість металізованого шару може бути на 30–40% вище цих показників вихідного матеріалу. Проте слід пам'ятати, що ремонт за допомогою металізації може застосовуватись лише в тих випадках, якщо дефект деталі не призвів до зниження її міцності. Його також не рекомендується застосовувати при значних динамічних навантаженнях, бо напилений метал дуже крихкий.

Значно ефективнішою є *плазмова металізація*, яка здійснюється за допомогою плазмотронів (плазмових пальників), що створюють плазмовий струмінь з температурою 10000–30000 °С і швидкістю льоту часток до двох-трьох швидкостей звуку. В порівнянні з іншими способами нанесення покрить плазмова металізація дозволяє наносити покриття практично на всі металеві і керамічні матеріали. Плазмовий струмінь отримують шляхом подачі плазмоутворюючого газу (наприклад, аргону) в електричну дугу, внаслідок чого відбувається іонізація газу і створюється низькотемпературна плазма.



1 — вольфрамовий катод; 2 — кожух охолодження;3 — ізолятор; 4 — електрична дуга; 5 — плазма; 6 — сопло-анод

Рисунок 2.3
Плазмова металізація

Принципова схема плазмової металізації показана на рис. 2.3. Головною складовою тут є плазмотрон, який складається з водоохолоджуваних катода 1 і анода-сопла 5. Катод зазвичай виготовляють із лантанированого вольфраму. Катод і анод ізольовані між собою ізоляційним матеріалом 3.

Для отримання плазмової дуги 5 між катодом і анодом збуджують електричну дугу 4 від живильника постійного струму з напругою до

100 В. В потік плазми подається матеріал для металізації, розплавлені частки якого наносяться плазмовим струменем на поверхню відновлювальної деталі.

В якості матеріалу для металізації використовується порошок з частками 20–150 мкм, а для його транспортування — такий же газ, що подається в плазмотрон (частіш аргон). Коефіцієнт використання матеріалу складає 60–80%. Твердість покриття в залежності від складу вихідного матеріалу може отримуватись в межах HRC 30–60. Зносостійкість покриття в 1,5-2 рази вище зносостійкості сталі 45, загартованої до HRC 58–62. Причому покриття не знижує втомну міцність.

При незначному обсязі відновлювальних робіт можуть використовуватись спрощенні пристрої плазмових металізаторів (для цього можна використати навіть плазмові пальники). При великому і постійному обсязі плазмової металізації доцільно використовувати установки промислового виготовлення (наприклад, відомі моделі УПУ-3, УМП-5-68, УМП-6, УПМ-8, а також нові моделі).

Технічна характеристика поширеної моделі УМП-5-68 приведена нижче:

Продуктивність за напиленням порошку, кг/годину	— 3–8
Потужність установки, кВт	— 30
Плазмотвірний газ	— азот, аргон
Маса установки, кг	— 120
Місткість ємкості живильника, л	— 5
Витрати плазмотвірного газу, л/хвилину	— 23–35
Робочий тиск газу, кПа	— 300–400
Витрати води, л/хвилину	— 3–3,5

В нових установках застосовується значно досконаліша система управління процесом металізації, що забезпечує необхідний тиск води і робочого газу, вивід на режими з послідовним підключенням функціональних вузлів і підтриманням робочих параметрів на строго заданому рівні.

2.3. Відновлення деталей електролітичним способом

Електролітичне покриття широко використовується для відновлення нерухомих спряжень. Воно має низку переваг перед способами відновлення деталей наплавленням металу, а саме відрізняється рівномірністю покриття, не призводить до структурних змінень в металі (адже поверхня відновлення не нагрівається), дозволяє відновлювати

деталі з незначним зносом та отримати покриття з різною твердістю, а сам процес легко піддається механізації і автоматизації.

Покриття наноситься наступним чином. У ванну з електролітом опускають деталь, до якої приєднано негативний полюс живильника постійного струму, що робить деталь катодом. В якості аноду може бути метал, яким покривають деталь, або свинцеві пластини, а в якості електроліту — розчин солей металів, що підлягають осадженню.

При підключенні струму іони металу і водню, що мають позитивний заряд, осаджуються на поверхні відновлювальної деталі і віддають свій заряд з перетворенням в нейтральні атоми.

Нанесення покриттів здійснюють в пересувних і стаціонарних ваннах. Пересувні ванни, що закріплені на деталі, застосовують для покриття шийок крупногабаритних валів і осей. В деяких же випадках (наприклад, при порожнистому циліндрі) сама деталь може слугувати ванною.

При відновленні деталей застосовують частіше *хромування і залізнення,* рідше — *нікелювання і обміднення*.

Хромування. Технологічний процес відновлення деталей хромуванням полягає в наступному. Спочатку усувають відхилення поверхні від геометричної форми і деякі можливі пошкодження шляхом шліфування наждачною шкіркою 00 чи 000 та очищують у бензині. Потім отвори і ділянки деталі, що не підлягають хромуванню, закривають захисними полімерними матеріалами і піддають деталь електролітичному знежирюванню в розчині, який складається з 100 г їдкого натру, 2–3 г рідкого скла і 1-го літра води. Анодом слугує залізна пластина, а катодом — сама деталь. Цей процес продовжується 5–6 хвилин при щільності струму 5–7 А/дм^2, напрузі 5–6 В і температурі 65–70 ^{o}С. Після цього деталь промивають у гарячій воді, а потім для віддалення плівки окислів промивають на протязі 3–5 хвилин в 10%-му розчині сірчаної кислоти і знову в гарячій воді. Заключною операцією з підготовлення деталі до хромування є декапірування, при якому деталь підвішують у хромовій ванні в якості аноду і витримують 30–40 с при щільності струму 20–30 А/дм^2 з наступним промиванням у гарячій воді.

При хромуванні використовуються електроліти з низькою концентрацією хромового ангідриду (150 г/л CrO_3 і 1,5–2,5г/л H_2SO_4) і з високою (300–400 г/л CrO_3 і 1,5 г/л H_2SO_4). В першому випадку отримують зносостійке і декоративне (при більшій концентрації CrO_3 і H_2SO_4) хромування, а в другому-декоративне хромування.

Деталі, що відновлюють хромуванням, зазвичай піддають механічній обробці з малою глибиною різання та шліфуванню з рясним охолодженням емульсією (не менше 0,5 л/хв. на 1 $дм^2$ оброблюваної поверхні).

До недоліків хромування можна віднести: зменшення міцності деталей до 20%; погана змочуванність мастилами хромованих поверхонь; ненадійний захист основного металу від корозії внаслідок наявності крізних тріщин в осадженнях хрому; погана прироблюванність гладенького хрому внаслідок його великої твердості [28].

Залізнення. Суть цього процесу полягає в електролітичному нанесенні на робочі поверхні деталей залізного покриття. Перевагою процесу в порівнянні з хромуванням вважається його економічність (вартість в 2–3 рази нижче, ніж при хромуванні), можливість отримання покрить більшої товщини (до 3 мм) і різної твердості, дешеві і доступні компоненти електроліту. Проте таке покриття не володіє антикорозійними властивостями [39].

Операції з підготовки деталей до *залізнення* такі ж, що і для хромування, але механічна обробка обмежується обробкою різцем чи шліфуванням.

Залізнення проводиться у ваннах з електролітом, що складається з 200–350 г/л двохлористого заліза, 100–150 г/л хлористого натрію і 1,5–2,5 г/л соляної кислоти. Щільність струму 10–15 $А/дм^2$, температура електроліту — в межах 75–90 ^oC.

В залежності від складу електроліту і режимів осталювання отримують м’які покриття (твердість до НВ 200) і тверді (НВ 250–600). М’якими покриттями нарощують деталі з високою поверхневою твердістю і зовнішні поверхні бронзових втулок. Використовують їх і для підвищення міцності зчеплення баббитів з чавунними вкладишами, для виготовлення біметалевих електродів та ін.

Тверді покриття використовуються для нарощування до номінальних розмірів зношуваних валів, підшипників й інших сталевих та чавунних деталей.

Для усунення крихкості, підвищення твердості і міцності покриття деталей після проходження ними процесу *залізнення* застосовують низький відпуск при температурі 300–350 ^oC з витриманням на протязі 30 хвилин і охолодженням на повітрі.

Нікелювання. Нікелеві покриття в порівнянні з хромовими мають меншу твердість, більшу в'язкість, більш легко оброблюються і допускають більшу товщину нарощування (до 2 мм).

Електроліти можуть бути різного складу. А саме, для отримання твердих блискучих покрить використовують розчин з 140 г/л сірчанокислого нікелю і 300 г/л щавелекислого амонію. Швидкість осадження нікелю в такому електроліті складає 50–60 мкм/годину, а покриття мають мікротвердість НВ 550–650.

Для нікелювання застосовують аноди з технічного нікелю, що містять до 10% заліза, а іноді з чистого нікелю. Катодом, як і при інших способах, є сама деталь. Нікель наносять або безпосередньо на деталь, або ж на підшар, в якості якого використовують мідь (наноситься також електролітичним способом).

З метою підвищення твердості і покращення зчеплення з основним металом покриття деталі піддають термічній обробці (витримання в печі при температурі 300–500 ^{o}С на протязі години), що на 200–300 одиниць збільшує мікротвердість покриття і підвищує корозійну стійкість.

Тверде нікелювання застосовують при відновленні колінчатих валів, гільз циліндрів, поршней гідромашин, напрямних втулок, а також для відновлення розмірів нерухомих посадок.

Обміднення застосовується для покращання притирання деталей тертя, ізоляції поверхонь, що не піддаються цементації, чи нанесення підшару на деталі перед покриттям іншими металами.

Сам процес складається з операцій аналогічних хромуванню, залізненню і нікелюванню. Його здійснюють анодами з чистої міді в кислому, ціановому чи пірофосфорному електролітах. Температура електроліту підтримується в межах 20–25 ^{o}С.

2.4. Відновлення деталей шляхом покриття епоксидними композиціями

Епоксидні композиції складаються з епоксидних смол, пластифікаторів, наповнювачів, отверджувачів, пігментів та інших компонентів.

В ремонтному господарстві використовуються традиційні епоксидно-діанові смоли ЕД-20 і ЕД-16 (Е-епоксидна, Д-дефінілпропанова; цифра вказує на нижню границю вмісту епоксидних груп), які в неотвердженому стані відносяться до високомолекулярних сполук з низьким ступенем полімеризації й називаються *олігомерами*.

Хімічні перетворення олігомерів у полімери з просторовою сітчатою структурою називаються *реакцією отвердження*, яке відбувається внаслідок взаємодії різнотипних функціональних груп чи ненасичених зв'язків з трифункціональними (й вище) низькомолекулярними речовинами. Такі рече-вини називаються *отверджувачами.*

В якості отверджувачів застосовуються малеїновий, фталевий і метилтетрагідрофталевий ангідриди, металофенілендіанін, дициандіанід та інші.

В залежності від призначення композиції вибирають певний отверджувач, вид та кількість якого впливають на швидкість і ступінь змінення фізичного стану композиції. Частіш всього в якості отверджувача використовується поліетилен-поліамін (ПЕПА), який являє собою в'язку маслянисту рідину з густиною 0,98–1,03г/см^3. ПЕПА відноситься до отверджувачів холодного отвердження і має певні недоліки, як то непостійний склад (що призводить до непостійності оптимальної кількості отверджувача для композицій, а навіть незначне відхилення від оптимального призводить до різкого погіршення властивостей композиції), а також гігроскопічність (що створює утруднення при використанні композиції в умовах підвищеної вологості, адже попадання вологи з отверджувачем приводить до зниження якості композиції). ПЕПА володіє високою леткістю і токсичністю, що погано з погляду охорони праці.

Кращі показники має отверджувач АФ-2 (продукт на основі фенолу, етилендіаміну і формаліну). Зокрема він має підвищену реакційну властивість і забезпечує швидше отверджування епоксидних смол (в два рази), допускає суттєво більші відхилення від його оптимальної кількості в композиції. Він також негігроскопічний.

Найбільший вплив на властивості епоксидних композицій має співвідношення епоксидної смоли і отверджувача. Оптимальне співвідношення таке: на 100 частин смоли ЕД-20 необхідно вводити 33 частини отверджувача АФ-2 чи 12 частин ПЕПА; на 100 частин ЕД 16–11,5 частин ПЕПА.

Для зменшення крихкості епоксидних композицій, збільшення ударної в'язкості та еластичності у стані отвердіння в них вводять пластифікатори. В ремонтному господарстві в якості традиційних пластифікаторів застосовується дибутілфталат (ДБФ), які додають вручну. Проте краще використовувати готові компаунди, в які вже введено

пластифікатори. А для зменшення зістүпу, зниження коефіцієнта лінійного розширення, збільшення теплопровідності і покращання інших фізико-механічних властивостей застосовують *наповнювачі,* які підрозділяються на дві групи: підсилювальні (збільшують міцність композиції) і інертні (не збільшують її міцність). До перших відносяться чавунний і сталевий порошки, графіт, молота слюда, цемент; до других-алюмінійова пудра, тальк, каолін.

В ремонтній справі епоксидні композиції застосовуються для закриття тріщин, пробоїн, вм’ятин, відновлення зношуваних поверхонь, з’єднання відломлених частин деталей і т.д.

Одним з найпростіших способів використання епоксидних композицій для відновлення нерухомих посадок є уклеювання підшипників кочення в посадковий отвір. Технологічний процес уклеювання полягає в зачищенні поверхонь, їх знежирюванні, приготуванні епоксидної композиції, нанесенні складу на поверхню посадкового отвору і зовнішнього кільця підшипника, складанні спряження і отверджуванні композиції.

Така технологія використовується при зносі до 0,2 мм. Проте для забезпечення потрібної точності складання необхідне пристосування для фіксації деталей в певному положенні під час отвердження композиції. В противному випадку під дією сили тяжіння може витискатись композиція і відповідно порушуватись соосність посадкового отвору і, отже, вала з підшипником.

Більш раціональним способом відновлення посадкових отворів підшипників в корпусних деталях є калібрування епоксидних композицій. В цьому випадку на відновлювальну поверхню наноситься необхідний шар композиції, який після попереднього часткового отвердження калібрується.

Тобто, в цьому випадку виготовляється калібр за розмірами зовнішнього кільця, яким прошивається композиція. При цьому не потрібна механічна обробка.

Для калібрування використовуються механічні чи гідравлічні преси, вертикально-розточувальні, свердлильні верстати чи спеціальні пристосування.

Склад найбільш поширеної композиції для відновлення посадкових отворів наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 — *Склад епоксидних композицій на основі компаунда К-115 (частин маси)*

Отверджувач		Наповнювач			
поліетиленамін	АФ-2	сталевий порошок	графіт	молота слюда	алюмінійова пудра
–	30	–	70	–	–
–	30	–	–	60	–
12	–	100	20	–	–
–	30	100	20	–	–
–	30	–	–	–	45

Твердження епоксидних смол здійснюють при кімнатній чи дещо підвищеній (60 ^oC) температурі на протязі 1,5 години, якщо застосовано отверджувач АФ-2, і відповідно на протязі 10 годин при застосуванні поліетиленполіаміну.

Механічну обробку покрить проводять з метою відділення задирок та зняття гострих виступів. Але вона має здійснюватись обережно, щоб запобігти відшаруванню покрить.

Для підвищення міцності епоксидних композицій застосовують магнітну обробку за допомогою соленоїдів постійного струму. Найбільш високі показники міцності досягаються при такому складі композиції (в частинах маси): епоксидна смола ЕД-16-100, дибутилфталат-15, залізний порошок-150, графіт-10, поліетиленполіамін-6. Полімеризацію композиції рекомендується проводити при напрузі магнетного поля 500 Ерстед на протязі 1,5 години [20].

2.5. Відновлення деталей еластомірами

Полімери відносяться до класу кристалічних або аморфних тіл. Тверді аморфні речовини не мають кристалічної решітки. Полімери в залежності від температури можуть перебувати в склоподібному, високопластичному і в'язкотекучому станах.

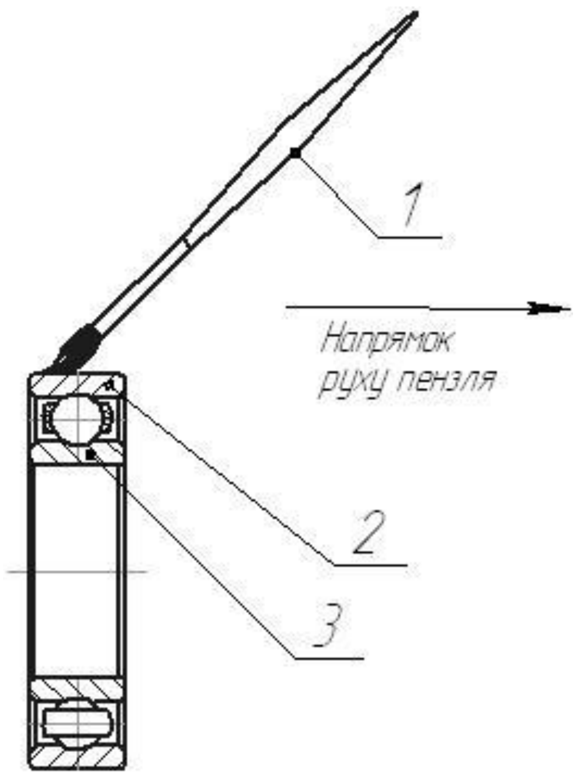
При охолодженні аморфних полімерів вони переходять в склоподібний стан і мають високий модуль пружності. Деформація полімеру в цьому стані дуже мала, адже він повністю втрачає свої еластичні властивості.

Якщо ж нагрівати полімер до температури вище температури склоутворення він переходить у високоеластичний стан і отримує властивість великих зворотніх деформацій, що властиве каучукоподібним матеріалам, каучукам і полімерам.

При подальшому нагріванні аморфного полімеру він переходить у в'язкотекучий стан і отримує властивість незворотних деформацій.

Еластоміри виготовляються у вигляді листів товщиною 2–3 мм. Для їх розчинення застосовують ацетон, етилацетат чи бутилацетат, толуол, бензол та інші розчинники. Розчинений еластомір зберігає без змінення свої властивості довше, ніж у сухому вигляді.

Застосовуються еластоміри, як правило, при відновленні посадкових поверхонь нерухомих з'єднань. Зокрема еластомірами покривають кільця підшипників кочення. Для забезпечення високого зчеплення нанесеного покриття з поверхнею її старанно очищують від забруднення і жирів, а потім протирають тампоном, змоченим ацетоном. Наявність хоча б слідів води, мастила, іржі і інших забруднень на поверхні деталі знижує міцність зчеплення покриття з поверхнею деталі на 70–80%.



1 — пензель; 2 — зовнішнє кільце підшипника кочення; 3 — внутрішнє кільце підшипника кочення

Рисунок 2.4
Схема нанесення покриття розчину еластоміра за допомогою пензля

Нанесення розчину еластомірів на поверхні деталей може здійснюватись в залежності від конструкції конкретної деталі і наявних засобів і пристосувань різними способами: відцентровим, поливанням, зануренням, накаткою валиком, напиленням, пензлем.

На рис. 2.4 показана схема нанесення покриття розчином еластоміра на зовнішнє кільце 2 підшипника за допомогою пензля 1 [20].

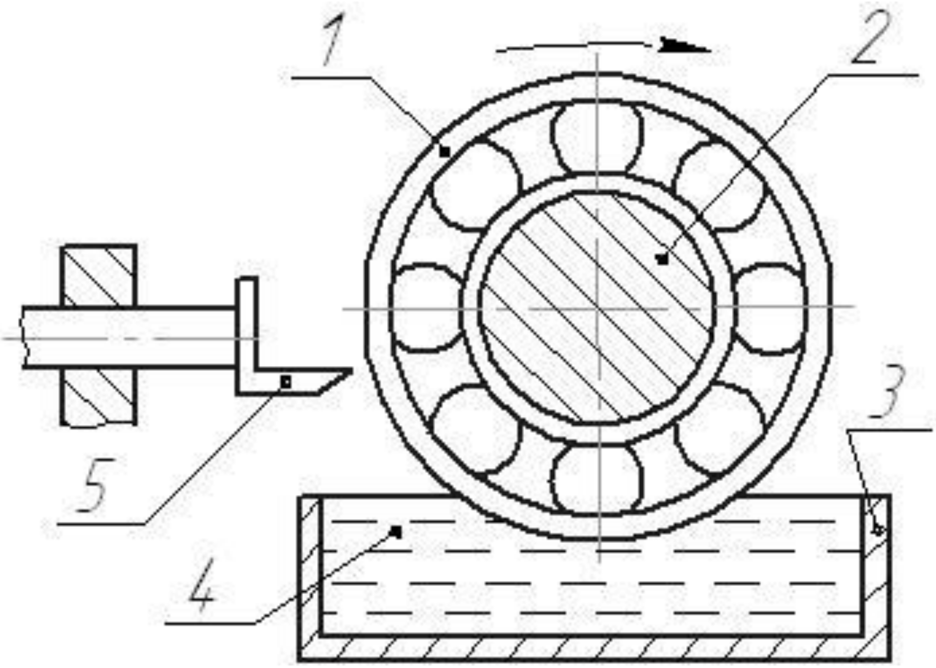
Товщина покриття при нанесенні пензлем залежить від умовної в'язкості розчину. При її збільшенні товщина покриття збільшується, що пов'язано з погіршенням розтікання

розчину на поверхні деталі. Так, наприклад, при нанесенні еластоміра ГЕН-150 з умовною в'язкістю 20 с отримують покриття товщиною 0,01 мм, в'язкістю 40 с — 0,02 мм і в'язкістю 60 с — 0,03 мм.

Нанесені покриття просушують при кімнатній температурі протягом 10–15 хвилин, а потім, при необхідності, наносять другий шар і т. д. до отримання необхідної товщини покриття.

Нанесення покриття занурюванням здійснюють на спеціальних установках (рис. 2.5). Підшипник кочення зовнішнім кільцем 1 установлюється на оправку 2. Розчин еластоміра 4 заливається у ванну 3. При обертанні оправки від привода (6 об/хв.) на кільце налипає шар еластоміра, товщина якого регулюється положенням ракеля 5.

Для нанесення покриття, як відмічено в роботі [20], достатньо 3-х обертів підшипника.

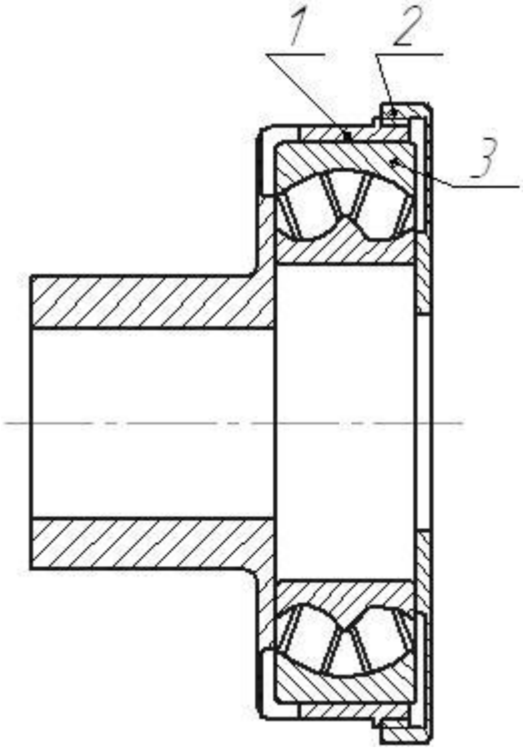


1 — зовнішнє кільце підшипника; 2 — оправка; 3 — ванна; 4 — розчин еластоміра; 5 — ракель

Рисунок 2.5

Схема нанесення покриття методом занурення

На внутрішню поверхню деталей покриття наносять методом відцентрового заливання еластоміра. Для цього використовують спеціальні пристосування, схема одного з яких показана на рис. 2.5. Воно складається з корпусу 1, кришки 2. Тобто, підшипник 3 замикається в камері і відкритим при цьому є тільки внутрішня поверхня внутрішнього кільця підшипника.



1 — корпус; 2 — кришка; 3 — підшипник кочення

Рисунок 2.6
Пристосування для нанесення покриття на внутрішнє кільце підшипника кочення методом відцентрового заливання еластоміра

Пристосування з підшипником закріплюють в патроні токарного верстата. В різцетримачі закріплюють втулку, в яку встановлюють дозувальну трубку з наступним її заповненням еластоміром. Швидкість обертання пристосування повинна складати 1000–1500 об/хв. Завдяки відцентровій силі створюється покриття рівномірної товщини.

Для поліпшення еластомірів їх піддають термообробці, яку здійснюють в електричних шафах, що забезпечують температуру нагріву до 200 °С та її автоматичного утримання з необхідною точністю [20]. Наприклад, термічну обробку покрить з розчину еластоміра ГЕН-150 (В) здійснюють в залежності від призначення деталі протягом 0,5–1 години при температурі 100–145 °С.

Більш детально з технологіями використання еластомірів можна ознайомитись в роботі [20].

2.6. Відновлення деталей методами зварювання й наплавлення

Одним з найпоширеніших методів відновлення деталей є зварювання й наплавлення.

Зварюванням усувають тріщини, пробоїни, розриви, обломи, а наплавленням нарощують поверхні деталей.

В практиці ремонтних робіт, головним чином, застосовують електричне дугове і газове зварювання. Проте застосовуються й інші способи зварювання та наплавлення: під шаром флюсу, електрошлакове, в середовищі захисних газів, дифузійно-вакуумне, плазмове, електроімпульсне, вибухове та інше.

ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ Й НАПЛАВЛЕННЯ

При електродуговому процесі між електродом і деталлю, що підлягає ремонту, створюється дуга, температура якої досягає 3600–4000 °С. Розплавлений метал електрода і частково деталі при охолодженні створює зварний шов, що з'єднує зварювані деталі між собою. Таким же чином, накладанням швів, наноситься необхідний шар наплавлення.

При ремонтних роботах частіше використовуються ручне і напівавтоматичне зварювання. Зазвичай процес проводиться на змінному струмі, але при особливо відповідальних роботах застосовується постійний струм. В першому випадку дуга живиться від зварювальних трансформаторів змінного струму, в другому — від генераторів постійного струму. Постійний струм забезпечує стабільну дугу, більш високу продуктивність і кращі властивості наплавленого металу. Але при змінному струмі досягається більш високий ККД, нижча вартість обладнання і експлуатаційних витрат.

Електроди вибирають в залежності від хімічного складу металу деталей, що ремонтуються, товщини шару наплавлення і виду оброблення відновлюваних поверхонь. Вони бувають з тонкою (стабілізованою) і товстою (захисною) обмазкою. Перша наноситься на стрижень електрода тонким шаром товщиною 0,1–0,3 мм, а друга-товщиною від 0,5 до 3,0 мм і більше. Товста обмазка при розплавленні створює шлаковий і газовий захист зварної ванни від впливу кисню і азоту, що містяться в повітрі. Крім того, під час зварювання в метал шва з обмазки переносяться легувальні елементи, що покращує властивості шва. До складу таких обмазок входять стабілізатори (крейда, поташ), газотвірні (крохмаль, деревнисте борошно), розкислювачі (вугілля, алюміній), шлакотвірні (мармур, граніт), легувальні (феромарганець, феросиліцій) та сполучні (рідке скло, декстрин) компоненти.

Діаметр електрода вибирають в залежності від товщини зварюваного металу, типу з'єднання і положення зварювання. Встановлена наступна залежність між діаметрами електрода і металу:

Товщина металу, мм	0,5	1–2	2–5	5–10	понад 10
Діаметр електрода, мм	1,5	2–2,5	2,5–4	4–6	6–8

Електроди для наплавлення деталей сплавами зі спеціальними властивостями (наплавні електроди) являють собою звичайні стандартні металеві електроди, покриті спеціальною обмазкою, що має в своєму складі феромарганець, ферохром чи сталініт. Внаслідок наявності

цих складових наплавлений шар має високу твердість чи підвищену зносостійкість.

Рекомендовані типи й марки електродів для зварювання і наплавлення надано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 — *Типи та марки електродів для зварювання й наплавлення*

Тип електрода	Марка електрода	Механічні властивості наплавленого шару			Призначення електродів
		границя міцності, МПа	границя текучості, МПа	відносне подовж., %	
1	2	3	4	5	6
Е-42 (Э-42)	ОММ-5	42	35	18	Для зварювання маловуглецевих сталей марок: Ст.2, Ст.3, сталь 20 і 25
	АНО-1	42	–	18	
	СМ-5	42	–	18	
	ОМА-2	42	–	18	
	ВСП-1	42	34	18	
	КПЗ-32	42	–	18	
	ЦМ-7	42	36	18	
	УОНИ-13/45				
Е-42 (Э-42)		42	28–32	22	Для зварювання маловуглецевих, середньовуглецевих і низьковуглецевих сталей марок: Ст.2, Ст.3, Ст.4, 20, 25, 30, 09Г2, 10Г2, 15ГС, ШХГС, ШХГСН, 15Г
	УОНИ-13/45А	42	–	22	
	СМ-11	42	28–32	22	
	ВН-48	42	–	22	
	УП-1/45	42	33–36	22	
	ВСН-3	42	33–36	22	
Е-50А (Э-50А)	УОНИ-13/55	50	34–38	20	Для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей марок:
	УП-1/55	50	33–36	20	
	АНО-2	50	–	20	

Закінчення таблиці 2.5

Тип електрода	Марка електрода	Механічні властивості наплавленого шару			Призначення електродів
		границя міцності, МПа	границя текучості, МПа	відносне подовж., %	
1	2	3	4	5	6
	МНЛ-1	50	–	20	Ст.4, Ст.5, 30, 35, 35Л, 14ХГС, 10Г2СД, 15ХСНД, 10ХСНД, СХД1, НЛ-2, 14Г2
Е-60А (Э-60А)	УОНИ-13/65	60	45–50	18	Те ж саме
Е-85 (Э-85)	УОНИ-13/85	85	50–55	12	Для зварювання конструкційних і легованих сталей марок: 40, 45, 45Л, 30ХСА, 40Х
Е-85А (Э-85А)	УОНИ-13/85У	85	–	–	Те ж саме

За твердістю наплавленого металу наплавні електроди поділяють на три групи: електроди, що забезпечують наплавлений метал середньої твердості (НВ 250–400), і електроди, що забезпечують отримання металу з високою твердістю (НВ 450–600), а для відновлення розмірів зношуваних деталей застосовуються електроди, що створюють низьку твердість (НВ 150–200). Проте застосування спеціальної термообробки дозволяє дещо перерозподілити ці групи (табл. 2.6) [8].

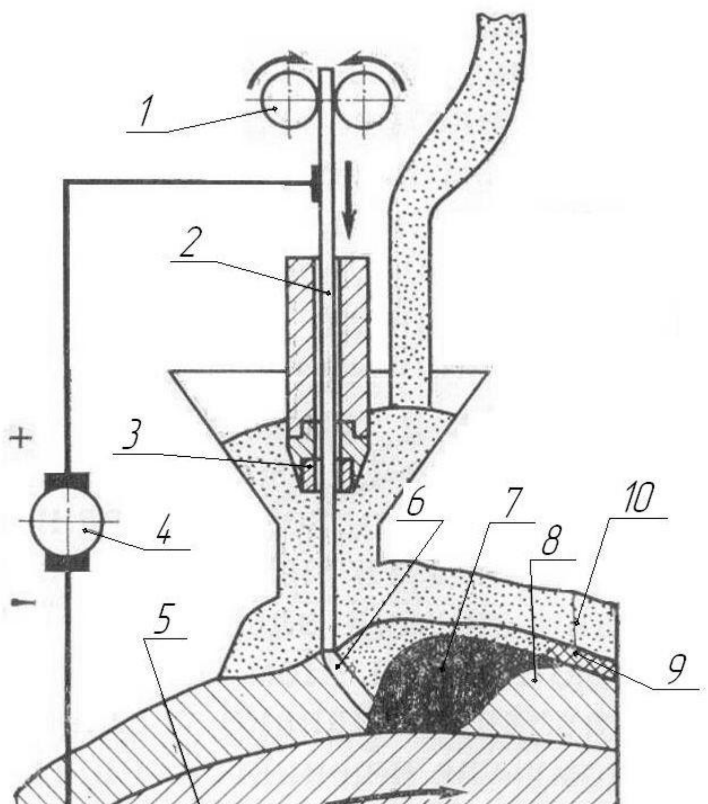
Крім стрижньових виготовляються трубчасті електроди, які являють собою тонкостінну залізну чи нікелеву трубку діаметром 3–5 мм, наповнену релітом (литий карбід вольфраму) чи іншими наповнювачами (доменним феромарганцем, карбідом вольфраму та іншими). В процесі наплавлення розплавляється лише трубка. Зерна релита є термічно стійкими вище 2500 ^{0}С, тому входять в наплавлюваний метал

у вигляді твердих зносостійких домішок. Стійкість горіння дуги забезпечується за рахунок покриття трубки стабілізуючою обмазкою.

При наплавленні великих або відповідальних деталей застосовують механізацію шляхом застосування відповідної техніки. Одним з найпоширеніших методів є *наплавлення під шаром флюсу*. Наплавлення проводять, зазвичай, електродами. Для захисту розплавленого металу від шкідливої дії газів атмосфери, а також для забезпечення тепла дуги і попередження розбризкування металу слугує порошковий флюс, товстим шаром якого покривають оброблювану поверхню деталі (рис. 2.7) [8].

Суть процесу полягає в наступному. Електрод і деталь підключаються до джерела постійного струму. В зоні горіння дуги оплавляється поверхня деталі, сам електрод і прилегла до деталі маса флюсу. Товщина флюсу може досягати 50–60 мм.

Внаслідок наплавлення отримують шар металу без тріщин і шпарин. Мінімальна товщина покриття складає 1,5 мм.



1 — подавальний пристрій; 2 — електрод; 3 — втулка; 4 — джерело постійного струму; 5 — деталь; 6 — дуга; 7 — рідкий метал; 8 — наплавлений метал; 9 — шлакова кірка; 10 — порошковий флюс

Рисунок 2.7
Схема наплавлення деталей під шаром флюсу

Таблиця 2.6

Марки електродів, особливості наплавленого шару, його твердість і призначення наплавлення

Марка електрода	Особливості наплавленого шару	Твердість			Призначення наплавлення
		після наплавлення	після відпалу	після спец. термообробки	
Т-590	Висока твердість без термообробки	HRC 58-62	–	–	В умовах абразивного зносу без ударних навантажень
БХ-2		HRC 60-63	–	–	Те ж саме
Т-620		HRC 56-60	–	–	Те ж саме при помірних ударних навантаженнях
ІЗКН		HRC 57-61	–	–	В умовах корозійно-абразивного зносу і кавітації
Т-540	Висока твердість після термічної обробки	HRC 35-45	HRC 24-28	HRC 57-60	В умовах ударних навантажень при нормальних і підвищених температурах
ЭН-60М		HRC 57-60	HRC 28	HRC 58-61	Те ж саме
Щ-7		HRC 52-55	HRC 26-29	HRC 52-55	Те ж саме
ЦН-4		HRC 40	HRC 30	HRC 50	Для наплавлення інструменту гарячого штампування

Закінчення таблиці 2.6

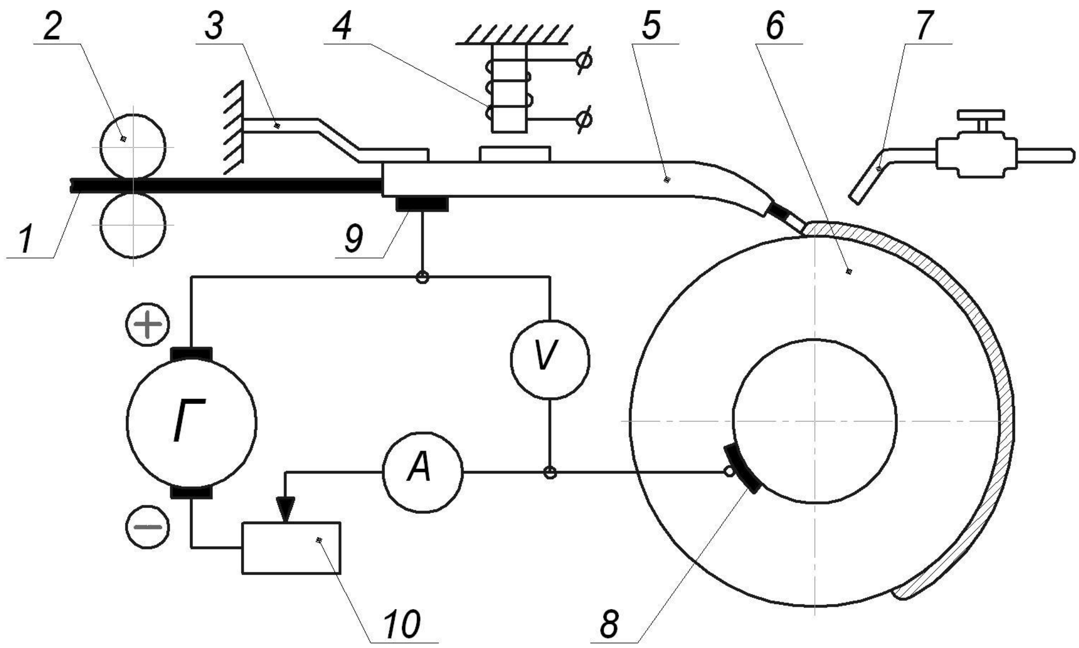
Марка електрода	Особливості наплавленого шару	Твердість			Призначення наплавлення
		після наплавлення	після відпалу	після спец. термообробки	
ОЗИ-1		HRC 57-60	HRC 30-35	HRC 62-65	Наплавлення ковальсько-пресового і різального інструменту
ЦИ-2У		HRC 58-62	HRC 58-62	HRC 62-65	Те ж саме
ОЗН-250		HB 220	–	–	В умовах високих контактних напружень і ударних навантажень
ОЗН-400		HB 370-430	–	–	Те ж саме
У-340-ПБ	Середня твердість	HB 240-290	HB 160-170	HB 340-380	Те ж саме
ОМГ		HB 260-320	–	–	Для наплавлення сталі Г13Л в умовах інтенсивного абразивного зносу
ОМГ-Н	Низька твердість	HB 260-310	–	–	Те ж саме
ОМН-5		HB 120-140	–	–	Для відновлення розмірів зношуваних деталей
УОНИ-13/55		HB 120-140	–	–	Те ж саме

Легування наплавленого металу здійснюється через електродний матеріал. Внаслідок застосування цього методу значно підвищується зносостійкість і корозійна стійкість деталей, з'являється можливість їх неодноразового відновлення. Метод має і високу продуктивність, що особливо важливо при відновленні великих площ (наприклад, валків прокатних станів). Недоліком методу є неможливість його використання для деталей складної конфігурації.

Поряд з вищенаведеними способами наплавлення застосовується також спосіб *вібродугового (електроімпульсного) наплавлення*. Суть способу полягає в тому, що дріт-електрод, який подають у зварювальну ванну, здійснює зворотно-поступальний рух, що створює швидкозмінне збудження і гасіння електричної дуги. Одночасно до місця горіння дуги подається охолоджувальна рідина (наприклад, розчин: 50–60 г кальцинованої соди і 10–15 г індустріального мастила И 30А або И 40А на 1 л води). Завдяки цьому процес наплавлення проходить при слабому нагріванні (40–80 ^{o}C), що не призводить до змінення властивостей металу, а це є вкрай важливим при відновленні термічно оброблених деталей. Важливим також є те, що відновлені деталі не потребують термічної обробки, оскільки в процесі наплавлення відбувається під дією охолоджуваної рідини гартування наплавленого шару. Позитивності способу надає і можливість регулювання товщини наплавленого шару від 0,5 до 3,5 мм (при відновленні ж деталей зі зносом більше 3,5 мм застосовують багатошарове наплавлення).

Принципова схема установки для вібродугового наплавлення деталей циліндричної форми показана на рис. 2.8.

Згідно зі схемою дріт подається роликами 2 і проходить через напрямний мундштук 5, що вібрує з частотою 100 коливань за секунду. Внаслідок цього між дротом і деталлю відбувається замикання і розмикання електричного ланцюга. В періоди зіткнення електрода з деталлю від джерела постійного струму (генератор Г) через контакт проходять імпульси струму короткого замикання, під дією яких до деталі приварюються частки металу і одночасно в котушці самоіндукції 10 накоплюється енергія магнітного поля. Метал же розплавляється, головним чином, під дією імпульсних розрядів магнітного поля в періоди відриву дроту.



1 — електродний дріт; 2 — подавальні ролики; 3 — пружна консоль; 4 — електромагніт вібратора; 5 — мундштук; 6 — відновлювальна деталь; 7 — охолоджувач; 8, 9 — електроконтакти; 10 — котушка самоіндукції

Рисунок 2.8
Схема вібродугового наплавлення

У економічному відношенні спосіб вібродугового наплавлення є високоефективним, адже вартість ремонту деталі при ньому не перевищує 25% вартості нової деталі і в 2–3 рази нижче вартості ручного електричного наварювання.

ГАЗОВЕ ЗВАРЮВАННЯ І НАПЛАВЛЕННЯ

Газове зварювання (і особливо газове різання) отримало широке поширення при ремонтах відповідальних чавунних деталей, тонкостінних деталей, елементів з кольорових металів, а також при наплавленні поверхонь твердими сплавами. Частіше використовується газове зварювання ацетилен-кисневим полум'ям, що зумовлюється простотою отримання газу, високою температурою плавлення (3100 ^{0}С), великою теплотворністю (понад 20 кДж) на першій фазі згоряння.

На якість зварного шва в значній мірі впливає правильний вибір зварного полум'я. Найбільш часто при ремонтах використовується, так зване, нейтральне полум'я, яке забезпечує найбільш міцний шов.

Відновлювальне полум'я з надлишком ацетилену застосовують при зварюванні чавуна і наплавленні деталей твердими сплавами.

Окисним полум’ям з надлишком кисню користуються переважно для різки металів, адже міцність шва при зварюванні таким полум’ям незначна.

В залежності від обсягу робіт горючі гази і кисень підводять до робочих місць або в балонах, або по трубопроводам (в крупних ремонтних цехах). Балони мають різні за своєю конструкцією вентилі і кольори забарвлення: балони для кисню фарбують в блакитний колір, ацетилену — в білий, водню — в темнозелений, метану, пропану, бутану, коксового, нафтового і природного газів-в червоний, повітря — в чорний.

Для зниження тиску газів, що надходять до пальників, застосовуються спеціальні газові редуктори (понижувачі). Самий же тиск у балоні і робочий тиск вимірюється манометрами, розташованими на редукторі. Ацетилен перебуває в балоні в розчиненому стані, нафтовий газ і пропан — в скрапленому, інші — в стисненому. Тиск газів в балоні 1,6 МПа (для ацетилену і пропану) та 15 МПа (для інших газів).

Важливою передумовою якісної роботи є правильний вибір тиску пальника, які випускаються за кількома тисками. Найбільшого поширення набув ацетилен-кисневий пальник ГС-57 інжекторного типу призначений для зварювання чорних і кольорових металів товщиною до 30 мм. Пальник має сім змінних наконечників, призначених для зварювання металів різної товщини. Для зварювання тонких металів (від 0,2 до 7 мм) випускають зварювальні пальники ГСМ-53М зі змінними наконечниками п’яти номерів (0, 1, 2, 3, 4, 5). Всі наконечники пальника працюють нормально при тиску кисню і ацетилену відповідно 98–392 та 0,98 кПа.

Для зварювання деталей із кольорових металів, заварювання тріщин і раковин у чавунних деталях товщиною стінок 10–15 мм, а також деталей з маловуглецевих сталей товщиною до 7 мм використовується бензин-кисневе полум’я і пальники ГКЦ-01-55, ГКУ-55. Останній комплектується чотирма однодірчастими і двома сітчастими мундштуками. Пальник ГКУ-55 щодо ефективності еквівалентний пальнику ГС-57 з наконечниками № 2-6. Бензин чи газ подається в пальник під тиском 147 кПа.

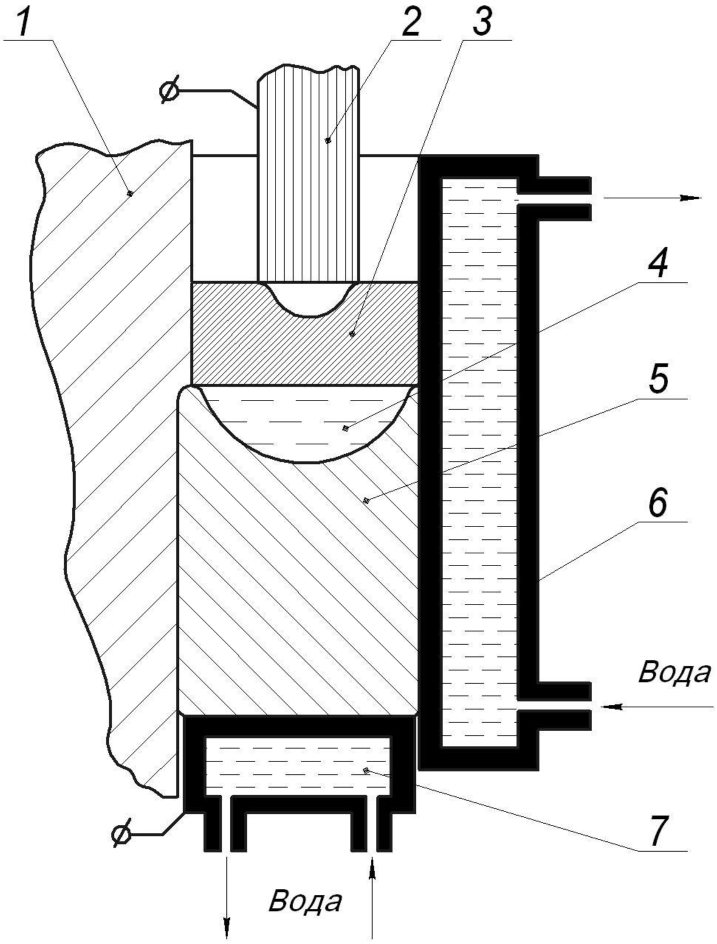
Переваги газового зварювання перед електродуговим полягають в можливості регулювати температуру нагріву деталей в широкому діапазоні і незалежно від неї нагрівати присадочний матеріал при зварю-

ванні тонких деталей. До недоліків можна віднести використання дорогих і дефіцитних газів-ацетилену і кисню, більш вартісне виконання ремонтів.

ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ

Принцип електрошлакового наплавлення полягає в тому, що наплавлення проводиться під шаром спеціального флюсу, який в розплавленому стані володіє здатністю шунтувати електричний струм, внаслідок чого відбувається інтенсивне тепловиділення, що йде на підплавлення поверхні деталі і розплавлення наплавного матеріалу. Схема цього методу показана на рис. 2.9.

Електрошлакове наплавлення має низку переваг перед дуговим: зменшується (з 30–40 до 10–15%) частка основного металу в наплавленому шарі; знижується в 15–20 разів витрата флюсу; краще використовується електроенергія; збільшується коефіцієнт наплавлення; немає необхідності відбивати від наплавленої деталі кірки (вона легко відстає).



1 — деталь; 2 — електрод; 3 — розплавлений флюс-шлак; 4 — ванна розплавленого металу; 5 — наплавлений метал; 6 — водоохолоджуваний формуючий пристрій; 7 — водоохолоджуваний піддон

Рисунок 2.9
Схема електрошлакового наплавлення

Оскільки наплавлення проводиться в замкнутому просторі, то це дає можливість зменшити припуски на обробку та вірогідність утворення шпарин, шлакових включень і гарячих тріщин.

До недоліків цього способу можна віднести заниження пластичності деяких високолегованих зносостійких сплавів, неможливість отримання наплавлених шарів товщиною менше 10–12 мм.

ВИСОКОЧАСТОТНЕ ІНДУКЦІЙНЕ НАПЛАВЛЕННЯ

Цей спосіб наплавлення ґрунтується на використанні струмів високої частоти для нагріву і розплавлення металу. Принцип цього способу полягає в нанесенні підготовленої шихти, що складається з домішок порошку твердих сплавів і флюсу, на наплавну поверхню. Нагрівають деталь разом із шихтою в полі індуктора до повного розплавлення.

Сплави для індукційного наплавлення повинні володіти мінімальною магнітною проникливістю і мати температуру плавлення на 150–200 °С нижче температури плавлення металу деталі. До них можна віднести Сормайт 1, ФБХ-6-2, псевдосплави ПС-4 і ПС-5, що володіють добрими наплавними властивостями і високою зносостійкістю.

Цим методом ремонтують плоскі деталі і внутрішні циліндричні поверхні шаром сплаву товщиною 0,3–2,5 мм, зовнішні циліндричні поверхні — шаром товщиною до 1 мм.

До переваг індукційного наплавлення відносяться: висока продуктивність; добра якість наплавленого шару стосовно шорсткості поверхні, хімічного складу, щільності і структурної однорідності; незначне проплавлення деталі при високій міцності з’єднання зміцненого шару з металом деталі; можливість отримання тонких шарів (до 0,3 мм) при забезпеченні жорсткого допуску за товщиною.

До недоліків відносяться: висока енергоємність процесу, складність його використання для відновлення ділянок з нерівномірним зносом.

ПЛАЗМОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ

Спосіб плазмового наплавлення побудований на використанні в якості джерела нагріву струменю плазми, що створюється плазмотроном (див. плазмове напилення).

Наплавлення здійснюється дугою прямої дії, коли дуга горить між вольфрамовим катодом і деталлю. При наплавленні незалежною

дугою вона горить між вольфрамовим катодом і водоохолоджуваним соплом — анодом.

Завдяки високій температурі плазми (понад 10000 °С) є широка можливість наплавлення тугоплавких матеріалів.

2.7 Відновлення деталей сучасними металополімерами і еластомірами

В останній час при відновлювальних роботах почали використовувати різні види металополімерів. На промислову основу їх виробництво поставлено в США, Німеччині, Швейцарії і Росії.

Серед різноманітних типів металополімерів широкого поширення набули *Бельзона, Дурметал, Діамант, Локтайт, Честер, ЛЕО, Thortex.*

МЕТАЛОПОЛІМЕРИ І ЕЛАСТОМІРИ BELZONA

Металополімери Бельзона являють собою багатофункціональну систему для ремонтних і відновлювальних робіт, в яких застосовується механічна обробка.

При цьому використовуються декілька модифікацій цих металополімерів: *1111 (SUPERMETAL); 1121 (SUPER XL-METAL); 1131; 1221 (SUPER-METAL); 1251/5851 (HA-Metal / HA-Barrier); 1311 (CERAMIC R-METAL); 1321 (CERAMIC S-METAL); 1341 (SUPER METAL GLIDE); 1391; 1811/1812; 1821 (FLUID METAL).*

Belzona 1111 являє собою двокомпонентний ремонтно-відновлювальний матеріал, створений на основі полімерної сталекераміки. Застосовується при ремонтах і відновленні корпусів підшипників та втулок, відливок, деформованих фланців, резервуарів з протіканням, тріщин у гідравлічних системах, шпонкових канавок, станин, валів, зірваної різьби та інше. Має дуже добру адгезію майже до всіх поверхонь (сталь, алюміній, мідь, латунь, бронза, скловолокно, бетон, неглазуровані кераміки і скло). Надійно пристає навіть до вологих і сирих поверхонь. Наноситься на поверхні у вигляді пастоподібної суміші за один прийом тонким чи товстим шаром. Піддається, при необхідності, механічній обробці будь-яким різальним інструментом. При затвердінні має високу механічну міцність, стійкий до нагрівання, до дії широкого кола хімікатів, в тому числі до неорганічних кислот, вуглеводів, мінеральних мастил, окислювачів, спиртів, водних розчинів і емульсій, не піддається корозії.

Belzona 1121 являє собою багатофункціональну систему з продовженим терміном полімеризації. Він у порівнянні з Beizona 1111 має більш протяжний термін змішування компонентів і нанесення, оскільки він базується на основі підсилених сталекерамікою полімерів, його можна наносити там, де необхідно створити рівну поверхню чи більшу кількість матеріалу. Сфера застосування та ж, що й для Belzona 1111. Крім того, завдяки відмінним ізоляційним характеристикам матеріалу, він застосовується для ремонту деталей з різнорідних матеріалів, де можлива біметалічна корозія. Опір стисканню в середньому — 80 МПа, згину — 57,6 МПа.

Belzona 1331 має унікальну мікропористу структуру, яка здатна утримувати мастильні матеріали, що знижують тертя та знос поверхонь на початковому стані. Ідеально підходить для нанесення на наступні поверхні: муфти валів, підшипники, напрямні частини механізмів та інше. Серед всіх матеріалів, що застосовуються при ремонтах Belzona 1131 є кращим полімеризувальним матеріалом при низьких температурах. Володіє й іншими якостями металополімерів Belzona.

Belzona 1221 являє собою епоксидно-меркаптанову систему, що дає максимальну міцність в мінімальний термін, є більш стійким до нагрівання і дії вологи, має широкий спектр застосування.

Belzona 1251/5851 має головним призначенням ремонт і запобігання корозії під ізоляцією. Цей тип корозії є причиною несправності багатьох технічних об'єктів. Корозію під ізоляцією (КПІ) важко виявити, бо ізоляція її маскує. Являє собою рідиноподібний матеріал, який наноситься аплікатором, пензлем чи розпилювачем, забезпечує добрий захист від корозії на поверхнях до 150^0 С. Стійкий до жорсткого впливу і тертя.

Belzona 1311 створений для відновлення металевих поверхонь, пошкоджених ерозією і корозією. Його застосування не вимагає спеціальних інструментів і навичок, а прості пропорції складових при змішуванні дозволяють працювати з необхідною кількістю матеріалу. Він має виключну стійкість до абразивного зносу і корозійної дії.

Belzona 1321 створений на стійких до корозії керамічних сталевих частках, що перебувають у хімічно активному рідкому полімері. Він забезпечує надійний захист металевих поверхонь від корозії і ерозії. Виробляється двох різних кольорів для гарантування при нанесенні подвійного покриття (для запобіганню пропусків при покритті). Володіє також іншими властивостями металополімерів Belzona.

Belzona 1341 створений спеціально для захисту від корозії і отримання гідравлічно рівних (гладеньких) поверхонь. Гідрофобний характер полімеру сприяє руху рідини, що скорочує споживану потужність гідросистеми, збільшує продуктивність обладнання, скорочує витрати на технічне обслуговування і покращує гідродинамічні характеристики обладнання. В порівнянні зі звичайними епоксидними покриттями, наповненими металом, володіє винятковою стійкістю до кавітації. Суттєво зношувані чи піддані піттінгу поверхні обладнання, що контактують з водою, і бувші у вживанні, віднов-люються до початкових контурів за допомогою Belzona 1111, а вже потім покриваються Belzona 1341.

Belzona 1391 використовується для захисту поверхонь від ерозії і корозії у високотемпературних середовищах.

Belzona 1811/1812 застосовується для ремонту обладнання, що піддається абразивній дії. Зокрема використовується при ремонтах циклонів, бункерів, форсунок, центрифуг, робочих колес насосів та інших елементів. Температурний діапазон функціонування від -40^0 С до 150^0 С.

Belzona 1821 застосовується для ремонту обладнання, що працює в умовах високої абразивності, а також в якості покриття для противовзного ефекту гальмівних роликів і шківів. Може використовуватись і в інших випадках, де необхідно підвищити сили тертя і забезпечити надійність захоплення. Зчеплення, наприклад для сталі, складає 21,0 МПа.

До еластомірів Belzona відносяться *Belzona 2100, Belzona 2200, Belzona 2311.*

Belzona 2100 призначається для ремонту і відновлення гумових деталей (гумові прокладки, конвеєрні стрічки, гумові покриття (футеровка) різноманітних об’єктів). Процес являє собою холодну вулканізацію, який на противагу традиційній вулканізації, не вимагає спеціальних інструментів і вартісного громіздкого вулканізаційного обладнання. Добре пристає практично до всіх матеріалів, включаючи природню гуму, нітрил, неопрен, поліуретан, поліхлорвініл, сталь, мідь, алюміній і бетон. При цьому гарантується висока механічна міцність. Коефіцієнт подовження в середньому — 550%. Поставляється 3-х видів в’язкості: *Belzona 2111* — пастоподібний матеріал для відновлення деталей при нанесенні шару покриття 25мм без осадження (навіть при

нанесенні на стельових поверхнях); *Belzona 2121* — покриття середньої в`язкості, яке наноситься в два шари (кожне товщиною по 0,5 мм); *Belzona 2131* — рідка система низької в'язкості для отримання покрить без дефектів і точного вирівнювання деталей.

Belzona 2200 — багатоцільовий еластомір використовується для ремонту конвеєрних стрічок і гумових труб, герметизації швів, відливання клапанів та інше. Являє собою двокомпонентну, полімерну систему холодної полімеризації, яка дуже вигідно відрізняється від традиційної вулканізації. Випускається матеріал 2-х різних ступенів в'язкості: *Belzona 2211*- пастоподібний матеріал для відновлення деталей з товщиною шару покриття до 12,5 мм, який не дає усадження навіть при нанесенні на надземні поверхні. *Belzona 2211* — рідкий матеріал для нанесення щіткою чи шляхом заливання. Коефіцієнт подовження — до 700%. Висока стійкість проти абразивних і агресивних середовищ.

Belzona 2311 використовується для швидкого ремонту еластичних матеріалів. Має практично ті ж властивості, що і попередні еластоміри, але з деякими перевагами в окремих випадках.

Технологія відновлення різних деталей буде розглянута в пункті «Металополімери ЛЕО».

МЕТАЛОПОЛІМЕРИ І ЕЛАСТОМІРИ THORTEX

Thortex являє собою двокомпонентну систему для ремонту металевих і гумових деталей. *Інженерні матеріали Thortex і Cerami-Tech* є відновлювальними композиціями холодного твердіння, розробленими на основі новітніх технологій полімерних смол. *Thortex Flexi-Tech-це еластомірні* ремонтні композиції холодної вулканізації і використовуються для ремонту гумових і інших еластичних матеріалів. Вони сумісні з усіма чорними і кольоровими металами, багатьма видами пластмас, гуми і іншими еластичними матеріалами.

Системи Thortex складаються з Бази й Активатора, які при змішуванні ініціюють ланцюгову реакцію на молекулярному рівні та перетворюються в міцний ремонтний матеріал. Застосування цих систем сприяє підвищенню якості ремонтів, значній економії часу, зниженню витрат у порівнянні з традиційними методами ремонтних робіт.

Матеріали Thortex поділяються на ті, що придатні до механічної обробки (наприклад, різанням), і на ті, що не підлягають механічній обробці.

До перших відносяться *Metal-Tech EG, Metal-Tech RG, Metal-Tech SG, Metal-Tech FG*, а до других — *Cerami-Tech EG, Cerami-Tech FG, Cerami-Flex EG, Cerami-Flex FG, Cerami-Tech CR, Cerami-Tech HG.*

Перша група матеріалів застосовується при відновленні шийок валів, шпонкових канавок, тріснутих блоків, картерів, корпусів підшипників, фланців, піддонів, пошкоджених штоків гідроциліндрів, з'єднання будь-яких металів і ПВХ. Реалізуються у вигляді паст, стрижнів та в рідкому вигляді.

Друга група матеріалів застосовується для ремонту глибокої ерозії і крапкової корозії (EG) та захисту (FG). Зокрема, для ремонту клапанів, засувок, гвинтів перемішувачів, ємкостей для води, напрямних апаратів і трубопроводів гідро- та пневмосистем, насосів, систем подавання пульпи, та іншого обладнання. Реалізуються у вигляді паст і в рідкому стані.

Для ремонту еластичних деталей і еластичних покрить для захисту від зношування застосовуються наступні матеріали: *Flexi-Tech 60 RG* (система швидкого відновлення гуми і гумових компонентів) для ремонту конвеєрних стрічок, клапанів мембран, шлангів, покритих гумою роликів і колес, прокладок, шин колісних машин, гумових гусениць, ділянок зносу від тертя; *Flexi-Tech 60* EG (для тих же ремонтів, дещо міцніший); *Flexi-Tech 60 FG* застосовується для з`єднання конвеєрних стрічок на скобах, поворотних заслінок, литих сальників, жолобів, шлангів та в якості міжшарового клею; *Flexi-Tech 80 EG* (для тих же ремонтів, але володіє більш міцними фізичними властивостями). Аналогічне призначення мають матеріали *Flexi-Tech 80 FG* і *Flexi-Tech 80 BG*.

Використання матеріалу можливо лише при додержуванні наступних умов: поверхня має бути підготовлена згідно з інструкцією на його застосування, сухою, температура поверхні має бути не нижче 5 ^{o}C.

Пастоподібні матеріали рекомендується наносити гнучким шпателем чи палетним ножиком, а рідкі — жорстким пензлем або гумовим валиком. Якщо необхідно отримати рівну поверхню, а наступне шліфування неможливе, то відремонтовану поверхню належить розгладити і притиснути до неї пластикову стрічку, пластини чи форми до того, як матеріал схопиться.

Перед нанесенням покриття належить підвищити шорсткість ремонтованої поверхні. При ремонтах зношуваних ділянок рекомендується навіть робити на них гвинтову нарізку з наступними параметрами:

Діаметр вала, мм	≤50	>50
Витки	16 на 10 мм	8 на 10мм
Крок (шаг), мм	0,64	1,27
Глибина, мм	0,3	0,64
Кут, град.	90^0	90^0

Після твердіння покриття проводять зазвичай механічну обробку.

При ремонтах шпонкових канавок і шліцьових з'єднань для усунення прилипання до ділянок, які не підлягають нанесенню покрить, використовується *антиадгезив Thortex*. Перед нанесенням ремонтного матеріалу антиадгезив просихає на протязі 25 хв. Встановлення шпонки і з'єднання шліцьового вала слід виконувати зразу ж після нанесення матеріалу, що дозволить прибрати його залишки і очистити поверхню, що не покрита матеріалом.

Для ремонту тріщин найбільш підходить матеріал *Thortex Metal-Tech*. При цьому вкрай важливо уточнити межі тріщини. На її обох кінцях свердлять отвори для запобігання її подальшому поширенню. Діаметр отвору має бути на 5 мм більше ширини тріщини. Діаметри отворів для найтонших тріщин мусять бути 5мм. В отворах належить нарізати різьблення і вставляти частково розпилені болти, частини, що виступають, потім зрізують врівень з поверхнею деталі. Між болтами тріщині за допомогою свердла чи точильного круга надають V-подібну форму. Глибина розкриття тріщини має бути дещо меншою за товщину стінки деталі. Більш детально методи відновлення деталей за допомогою полімерів розглядаються в наступному пункті «Металополімери ЛЕО».

МЕТАЛОПОЛІМЕРИ «ЛЕО»

Металополімери ЛЕО (виробник Росія) — це різні (від паст і гелей до рідких композицій), двокомпонентні («базис» і «активатор») ремонтні композиції на основі спеціальних, модифікованих фізико-хімічним способом епоксидних смол, наповнених багатокомпонентним наповнювачем з металевих, керамічних і мінеральних часток, що надають необхідні фізико-технологічні властивості металополімерам. До цих властивостей відносяться: висока механічна міцність і адгезія до

різних металів (чавуну, неіржавіючої сталі, кольоровим металам та іншим), дереву, склу, бетону, кераміки, пластмасам, які зберігаються при довгостроковій експлуатації у водяному, масляному, хімічно активному середовищі при високих температурах (до 200 $^{\circ}$С) і тисках (до 25 МПа). Володіють підвищеною стійкістю до корозійного, ерозійного і кавітаційного зносу, дії різних кислот і лугів.

Взагалі ж металополімери «ЛЕО» являють собою склади «холодного» твердіння, після якого можуть піддаватись будь-якій обробці поряд з металами: точінню, фрезеруванню, струганню, свердленню, шліфуванню та іншим.

Найбільш поширеними й ефективними видами відновлювальних робіт з використанням металополімерів «ЛЕО» при ремонтах обладнання є:

- відновлення зношуваних посадкових місць під підшипники на валах, у корпусах, стаканах і картерах ;
- відновлення посадкових поверхонь ущільнювальних кілець, кришок;
- ремонт робочих коліс і напрямних апаратів насосів, відновлення форми і геометричних розмірів лопатей, забиття крізних отворів, кавітаційних, корозійних, ерозійних раковин, свищів, розмивів;
- відновлення ділянок різьби на валах і в корпусах;
- відновлення і герметизація різьбових і фланцевих з’єднань;
- відновлення зношуваних блоків циліндрів;
- закриття тріщин і проточок у корпусних деталях, що виникають внаслідок «розмороження» , ударів, неякісного лиття і т.п. ;
- відновлення шпонкових пазів і посадкових місць під напівмуфти на валах та інше.

Крім того, металополімери «ЛЕО» можуть використовуватись для відновлення й нанесення захисних антикавітаційно-ерозійних і антикорозійних покрить (на робочі поверхні насосів, лопаті гребних гвинтів), закриття протікань у магістральних трубопроводах води, пару, мастил, газів, хімічно активних речовин (кислот, лугів), усунення біметалічної корозії, ремонтів фундаментів і т. п.

Металополімери складаються з двох компонентів: компонент «А» (базис) і компонент «В» (активатор). В свою чергу кожний компонент поділяється на різновиди за складом, кольором і станом.

Компонент «А» поділяється на такі типи:

«ЛЕО-Сталь-кераміка»;

«ЛЕО-Кераміка»;
«ЛЕО-Сталь»;
«ЛЕО-Т»;
«ЛЕО-антифрикційний»;

Компонент «В» (активатор) виробляється у вигляді гелів і рідин.

Гелі використовуються для отримання композицій, які не течуть, з високими фізико-механічними характеристиками, легкого змішування з «базисами» (важливо при проведенні ремонтів при температурах нижче 20 ^oC). Поділяються на такі різновиди: «червоний» — гель; «жовтий» — гель; «ЛЕО-Т»; «ЛЕО-антифрикційний-G».

Рідини застосовуються для створення композицій, які легко течуть, при нанесенні металополімерів на великі площі (біля 1,0 $м^2$). Виготовляються в двох різновидах: «червоний» — рідкий; «жовтий» — рідкий.

При отриманні композицій, які легко течуть, для нанесення захисних покрить на поверхнях площею в декілька десятків квадратних метрів використовується компонент «С» (розріджувач), що додається в композицію після змішування компонентів «А» і «В».

При ремонтах обладнання, яке експлуатується у водяному середовищі, перевага надається композиціям з активаторами «червоний»-гель і рідкий, «ЛЕО-Т».

Для отримання температуростійких композицій і композицій з більш тривалим часом твердіння (життєздатність композиції) застосовуються активатори «жовтий»-гель і рідкий.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛОПОЛІМЕРІВ «ЛЕО»

Металополімер «ЛЕО-Сталь-кераміка» (питома маса 2,86 $г/см^3$) являє собою в'язку однорідну пасту рудого кольору універсального застосування. Використовується при ремонтах важконавантаженого обладнання, має найбільш високі характеристики міцності і підвищену зносостійкість. Фізико-механічні і технологічні характеристики цього металополімеру наведено в табл.2.7.

Металополімер «ЛЕО-Кераміка» являє собою в'язку однорідну пасту чорного кольору (питома маса 2,64 $г/см^3$). Використовується при ремонтах і відновленні деталей обладнання, яке працює в умовах агресивних середовищ і піддається інтенсивному кавітаційно-ерозійному і

корозійному зносу. Володіє підвищеною хімічною і механічною зносостійкістю при високих фізико-механічних і технологічних характеристиках (табл. 2.8).

Металополімер «ЛЕО-Сталь» — в'язка, щільна, однорідна паста сірого кольору (питома маса 2,72 г/см^3). В порівнянні з металополімерами «ЛЕО-Сталь-кераміка» і «ЛЕО-Кераміка» більш простий при механічній обробці, не потребує інструментів високої стійкості. Застосовується при відновленні деталей, які не зазнають інтенсивного зносу і вимагають точної механічної обробки під час ремонтів (посадкові місця в корпусах, на валах і т. п.).Фізико-механічні і технологічні характеристики наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.7 — *Характеристики металополімера «ЛЕО-Сталь-кераміка»*

Характеристика	Активатор	
	«червоний»-гель	«жовтий»-гель
Співвідношення базиса і активатора (при змішуванні)	4 : 1	10 : 1
Питома маса композицій, г/см^3	2,54	2,71
Життєздатність готової композиції (при 18–20 ^{0}С), хв	20	45
Температуростійкість, ^{0}С	280	300
Робоча температура, ^{0}С	від –120 до +120	від –120 до +200
Час отвердження (при 20 ^{0}С), години:		
- до можливості механообробки	3…3,5	3,5…4
- повна міцність	24	24
Твердість за Бринелем, МПа	165	170
Границя міцності, МПа:		
- при стискуванні	190	195
- при розтягненні	80	82
- при згинанні	75	78
- при нормальному відриві		
від сталі	47	48
від алюмінію	45	48
від латуні	45	47

Таблиця 2.8 — *Характеристики металополімера «ЛЕО-Сталь»*

Характеристика	Активатор	
	«червоний»- гель	«жовтий»-гель
Співвідношення базиса і активатора при змішуванні (об'єм)	4 : 1	10 : 1
Питома маса композицій, г/см^3	2,36	2,51
Життєздатність готової композиції (при 18–20 ^{0}С), хв	20	45
Температуростійкість, 0С	280	300
Робоча температура, 0С	від –120 до +120	від –120 до +200
Час отвердження (при 20 ^{0}С), години:		
- до можливості механообробки	3…3,5	3,5…4
- повна міцність	24	24
Твердість за Бринелем, МПа	165	170
Границя міцності, МПа:		
- при стискуванні	175	185
- при розтягненні	80	81
- при згинанні	74	76
- при нормальному відриві		
від сталі	45	45
від алюмінію	44	45
від латуні	43	44

Таблиця 2.9 — Характеристики металополімера «ЛЕО-Кераміка»

Характеристика	Активатор	
	«червоний»-гель	«жовтий»-гель
Співвідношення базиса і активатора при змішуванні (об'єм)	3,5 : 1	8,5 : 1
Питома маса композицій, г/см^3	2,4	2,55
Життєздатність приготовленної композиції (при 18–20 ^{0}С), хв	20	45
Температуростійкість, ^{0}С	280	300
Робоча температура, ^{0}С	від –120 до +120	від –120 до +200

Закінчення таблиці 2.9

Час отвердження (при 20 ^{0}С), години:		
- до можливості механообробки	3…3,5	3,5…4
- повна міцність	24	24
Твердість за Бринелем, МПа	165	165
Границя міцності, МПа:		
- при стисканні	175	185
- при розтягненні	80	81
- при згинанні	74	76
- при нормальному відриві		
від сталі	45	45
від алюмінію	44	45
від латуні	43	44

Металополімер «ЛЕО-Т» — в'язка однорідна паста світло-сірого кольору (питома маса 1,95 г/см^3).Застосовується при ремонтах і відновленні деталей, які не зазнають інтенсивного зносу (усунення різноманітних протікань, закриття ливтєвих раковин, тріщин, вм'ятин у корпусних деталях), легко оброблюється будь-яким інструментом. Фізико-механічні і технологічні характеристики наведено в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 — *Характеристики металополімера «ЛЕО-Т»*

Характеристика	Активатор
	«ЛЕО-Т»
Співвідношення базиса і активатора при змішуванні (об'єм)	3 : 1
Питома маса композицій, г/см^3	1,8
Життєздатність приготовленної композиції (при 18–20^{0}С), хв	20
Температуростійкість, ^{0}С	280
Робоча температура, ^{0}С	від -120 до +120
Час отвердження (при 20^{0}С), годинах:	
— до можливості механообробки	3…3,5
— повна міцність	24
Твердість за Брінелем, МПа	165
Границя міцності, МПа:	
— при стисканні	160

Закінчення таблиці 2.10

— при розтягненні	75
— при згинанні	69
— при нормальному відриві	
від сталі	42
від алюмінію	42
від латуні	40

Металополімер «ЛЕО-антифрикційний» — в'язка однорідна паста синьо-чорного кольору (питома маса 2,1 г/см^3). Застосовується для відновлення поверхонь тертя, а також для забезпечення мінімального коефіцієнта тертя, закриття раковин, вм'ятин, вибоїн на напрямних верстатів, відновлення посадкових місць підшипників ковзання, втулок, валів і т.п. Фізико-механічні і технологічні характеристики металополімеру наведено в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 — *Характеристики металополімера «ЛЕО-антифрикційний»*

Характеристика	Активатор
	«ЛЕО-антифрикційний-G»
Співвідношення базиса і активатора при змішуванні (об'єм)	7 : 1
Питома маса композицій, г/см^3	2,0
Життєздатність приготовленної композиції (при 18–20^{0}С), хв	45
Температуростійкість, ^{0}С	300
Робоча температура, ^{0}С	від –120 до+200
Час отвердження (при 20^{0}С), годинах:	
— до можливості механообробки	3,5…4
— повна міцність	24
Твердість за Брінелем, МПа	150
Границя міцності, МПа:	
— при стисканні	145
— при розтягненні	61
— при згинанні	60

— при нормальному відриві	
від сталі	41
від алюмінію	39
від латуні	40

При підготовці робочої суміші вкрай важливо витримати співвідношення складових по об̓єму чи по масі. Співвідношення «Базис» / «Активатор» (по об̓єму) при змішуванні компонентів металополімерів «ЛЕО» наведено в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 — *Співвідношення «Базис» / «Активатор» (по об̓єму) при змішуванні компонентів металополімерів «ЛЕО»*

Базис Активатор	«ЛЕО-Сталь-Кераміка»	«ЛЕО-Кераміка»	«ЛЕО-Сталь»	«ЛЕО-Т»	«ЛЕО-антифрикційний»
1	2	3	4	5	6
«Червоний-гель»	**4/1**	**4/1**	**3,5/1**	**3,5/1**	3/1
«Жовтий-гель»	**10/1**	**10/1**	**8,5/1**	**8,5/1**	**7/1**
«Червоний-рідкий»	**4/1**	**4/1**	**3,5/1**	**3,5/1**	3/1
«Жовтий-рідкий»	**10/1**	**10/1**	**8,5/1**	**8,5/1**	**7/1**
«Червоний-суперрідкий» (A/B/C) *	**4/1/1**	**4/1/1**	3,5/1/1	**3,5/1/1**	3/1/1
«Жовтий суперрідкий» (A/B/C) *	**10/1/1**	**10/1/1**	8,5/1/1	**8,5/1/1**	**7/1/1**
«ЛЕО-Т»	**3,5/1**	**3,5/1**	**3/1**	**3/1**	2,5/1
«ЛЕО-антифрикційний (G)»	9/1	9/1	8/1	8/1	**7/1**

* — *активатор містить компонент «С» — розріджувач-пластифікатор.*

■ — *кращі композиції.*

Ремонт і відновлення деталей з використанням металополімерів «ЛЕО» містять в собі наступні етапи:

1. Попередня підготовка ремонтованої поверхні: піскоструменева обробка, механічна обробка — токарна, фрезерна, зачищення шліф-машинкою, наждачним папером і т.п. Знежирення поверхні.

2. Нанесення металополімеру.

3. Твердження металополімеру (зазвичай на протязі ночі).

4. Остаточна механічна обробка (при необхідності).

Тривалість типових ремонтів (відновлення посадкових місць під підшипники в корпусах, на валах, відновлення ущільнювальних кілець робочих коліс насосів і т.п.), без урахування часу твердіння, складає від 2–3 годин до декількох днів (а саме, при відновленні і нанесенні захисних покрить на робочі колеса насосів і т.п.).

Для можливості практичного використання наведеного матеріалу розглянемо конкретно технологію робіт по кожному з вищевказаних етапів.

ЕТАП ПЕРШИЙ. ПІДГОТОВКА ПОВЕРХНІ

- Ремонтована поверхня зачищається до металевого блиску, видаляються залишки бруду, мастила, ржі, гальванічних покрить. На випалених керамічних виробах усувається верхній глянцевий шар, на деталях з поверхневим гартуванням зачищається поверхня до «сирого» металу.
- На ремонтованій поверхні створюється шорсткість (наждачним папером, піскоструменевою обробкою, шліф-машинкою і т. п.)
- Наявні тріщини засвердлюють у вершин і по довжині (через 30–40 мм) і оброблюють.
- Оскільки мінімальна допустима товщина шару металополімеру має бути не менше 0,5–1,0 мм, тому ,коли розмір зносу деталей менше цієї величини, необхідно здійснити попереднє вибирання ремонтованих поверхонь на глибину, яка забезпечить мінімальну товщину шару металополімеру після нанесення і механічної обробки. При цьому не слід робити плавні переходи (на нівець) металополімеру до поверхні металу деталі (див. рис. 2.10).

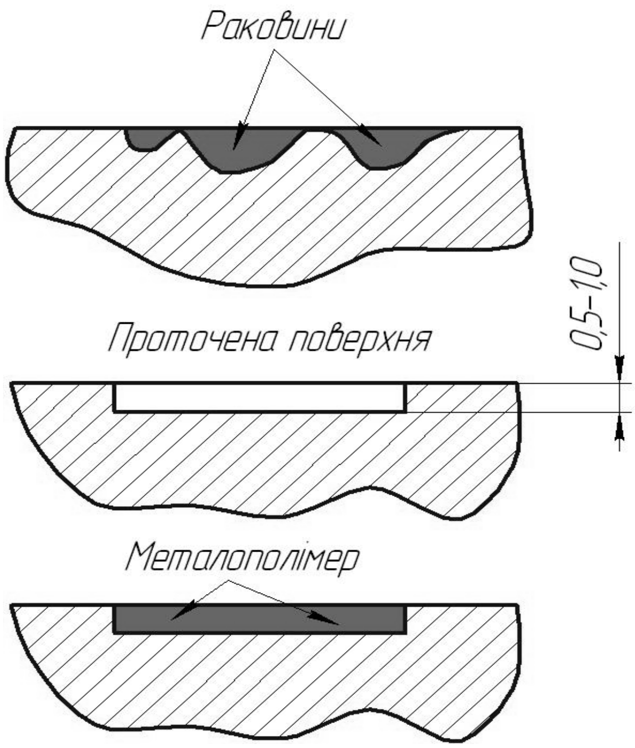


Рисунок 2.1
Схема нанесення металополімеру

- Підготовлена поверхня знежирюється ацетоном, спирт-ацетоновою сумішшю, розчинником.
- Після знежирення ремонтована поверхня старанно просушується.
- Підготовлена поверхня має бути більшою за дефектну ділянку на 30–40 мм за периметром.

ЕТАП ДРУГИЙ. НАНЕСЕННЯ МЕТАЛОПОЛІМЕРУ

- Змішуються компоненти шпателем на жорсткій знежиреній пластині з металу, фторопласту, картону (і інших) на протязі 1,5–2,0 хвилин до утворення однорідної маси. Об'єм технологічної дози змішуваного матеріалу визначається життєздатністю композиції і складністю ремонту (простотою і швидкістю нанесення приготовленої дози).
- Підготовлена доза металополімеру наноситься шпателем (вузьким, широким, профільним, металевим, поліетиленовим, жорстким, м'яким — в залежності від технології ремонту, профілю і площі відновлювальної поверхні) тонким шаром. При цьому належить вкрай старанно втирати полімер (особливо в перший шар), не залишаючи пустот. При нанесенні наступних шарів не слід чекати твердіння попереднього шару.

• При нанесенні покрить з товстим шаром використовується армування металополімеру допоміжними матеріалами (склотканиною, металевою сіткою, армованими штифтами і т.п.).

Армування склотканиною запобігає розтріскуванню при сильній вібрації і деформуванні шару металополімеру, а також є ефективним засобом при ремонтах трубопроводів. Металополімер наноситься першим на поверхню, а за ним — склотканина, зверху якої також наноситься шар металополімеру. Може бути декілька накладок склотканини.

Використання металевих сіток і листів аналогічне використанню склотканини лише з тією різницею, що поверхня металевої латки чи бандажу готується таким же чином, як і сама ремонтована поверхня. Крім того, латку профілюють за поверхнею заздалегідь.

ЕТАП ТРЕТІЙ. ОТВЕРДЖЕННЯ

- Твердіння повинно відбуватись при температурах не нижче 5 °С (оптимальна температура біля 20 °С).
- Для прискорення процесу твердження допускається прогрівати нанесений шар металополімеру (наприклад, за допомогою промислових фенів) після отримання ним деякої твердості, щоб запобігти розтіканню під час нагріву.
- При твердінні металополімери не усаджуються, що зберігає їх постійний об῾єм.

ЕТАП ЧЕТВЕРТИЙ. МЕХАНІЧНА ОБРОБКА

- При обробці металополімерів «ЛЕО-Сталь-Кераміка» і «ЛЕО-Кераміка» рекомендується використовувати твердосплавний інструмент, а в окремих випадках інструмент з алмазними насадками, адже звичайний інструмент швидко зношується. Інші ж види металополімерів «ЛЕО» не потребують спеціального інструменту.
- Рекомендовані режими обробки металополімерів :

— швидкість різання, м/хв — 60 … 120
— максимальна глибина різання, мм — 0,5 … 1,0
— максимальна подача, мм/об — 0,1 … 0,2

ЗБЕРІГАННЯ МЕТАЛОПОЛІМЕРІВ

Металополімери «ЛЕО» можуть зберігатись при кімнатній температурі (у щільно закритій тарі) на протязі багатьох років, що зберігає їх властивості. У випадках збереження при низьких температурах можливе загущення базису, яке усувається його нагрівом до 80 …100 ^{0}С на 0,5–1,0 год.

2.8. Методи відновлення і ремонту деталей металополімерами

Використання металополімерів Beilzona, Thortex, «ЛЕО» і інших металополімерів — сучасних засобів ремонтів ґрунтується практично на одних і тих же методах. Тому зупинимось на розгляді прикладів використання найбільш доступних металополімерів ЛЕО. Зокрема розглянемо методи ремонту валів (відновлення посадкових місць, шпонкових з’єднань, різьб), різьбових з’єднань, трубопроводів, внутрішніх циліндричних поверхонь, замурування тріщин, протікань, відновлення поверхні і форми деталей з використанням армованих штифтів і склотканини, уклеювання насадок, відновлення деталей за допомогою шаблонів, відновлення напрямних поверхонь.

Ремонт валів

ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХНІ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ І МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПОКРИТЬ

При зношуванні посадкових місць під підшипники ці ділянки вала проточуються (рис. 2.11, а) до діаметра d_1 , мм:

$$d_1 = d_{ном} - (1,5…2,0),$$

де $d_{ном}$ — номінальний діаметр, до якого відновлюється ділянка вала.

На проточеній ділянці вала діаметром d_1 нарізується різьба чи проточуються канавки з внутрішнім діаметром $d_{вн}$ (рис. 2.11, б):

$$d_{вн} = d_1 - (1,0…1,5).$$

Після знежирення поверхні, що оброблюється, на неї наноситься шар металополімеру шпателем, з врахуванням раніш вказаних вимог до нанесення покрить.

Проточка відновлювальної ділянки до номінального діаметра $d_{ном}$ проводиться на токарних верстатах при наступних режимах:

- швидкість різання $V_р$ = 60…120 м/хв;

- глибина різання t, не більше, 05…1,0 мм;
- подача S, не більше 0,1…0,2 мм/об.

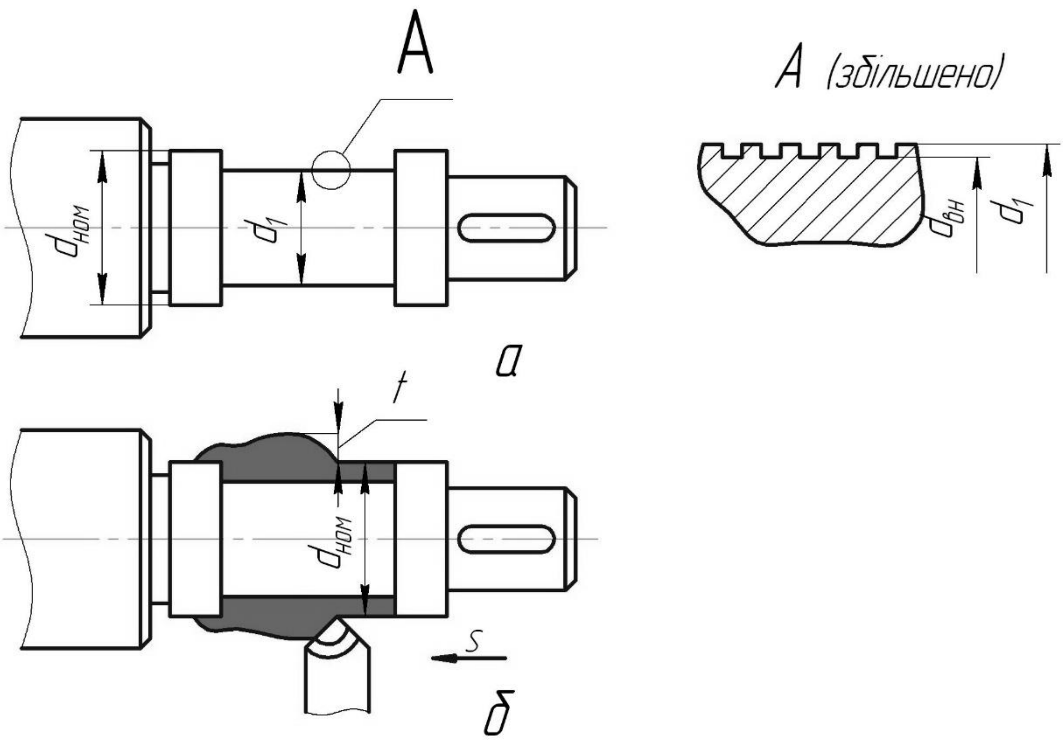


Рисунок 2.11
Схема проточення ділянки валу

ВІДНОВЛЕННЯ ДІЛЯНОК РІЗЬБИ НА ВАЛУ

Бувають випадки руйнування різьби по всій довжині чи на окремих ділянках. Частіш зустрічаються руйнування на окремих ділянках (рис. 2.12)

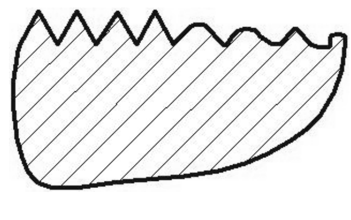


Рисунок 2.12
Схема руйнування різьби на окремих ділянках

Як і в попередньому випадку ділянка вала зі зруйнованою різьбою піддається проточці (рис 2.13, а) до діаметра d_1, мм:

$$d_1 = d_{вн} - (1,5…2,0),$$

а проточка канавок чи довільної різьби (згідно з наведеними вище рекомендаціями) до діаметра d_2, мм:

$$d_2 = d_1 - (1,0\ldots1,5).$$

Після очищення і знежирення ремонтованої поверхні наноситься шар полімеру (рис. 2.13, б), а потім після твердження нарізають різьбу (рис. 2.13, в), яка розпочинається з ділянки, на якій збереглась різьба.

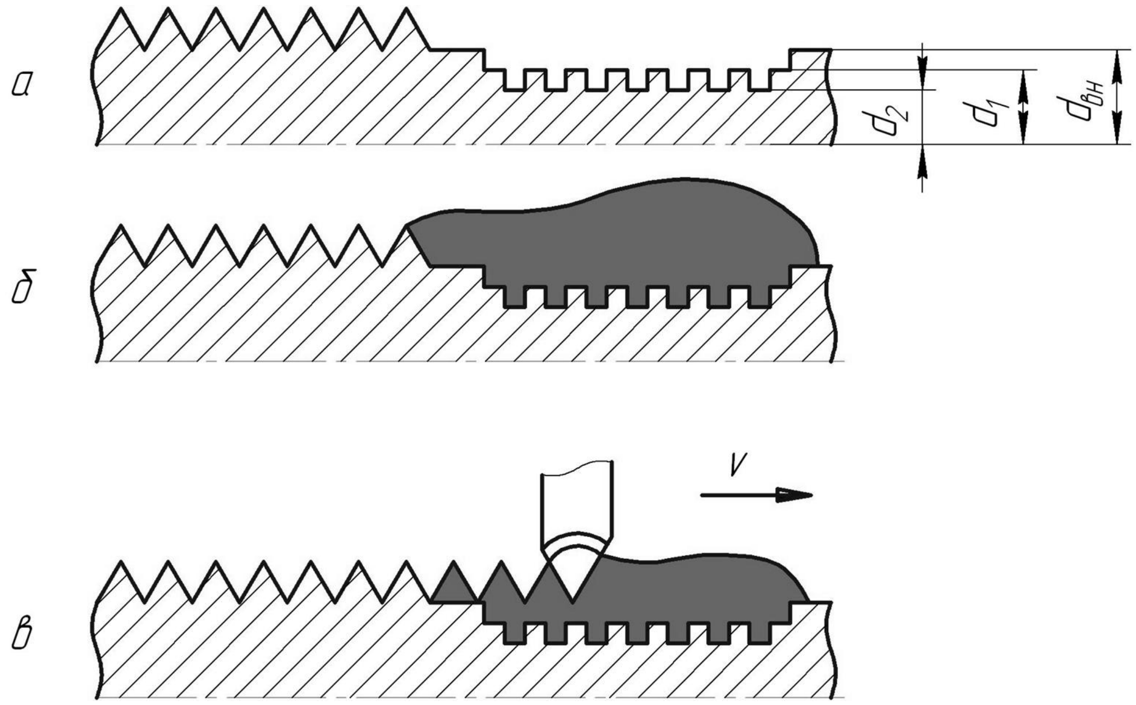


Рисунок 2.13
Схема нарізання різьби після твердження полімеру

ВІДНОВЛЕННЯ ПОСАДКОВИХ МІСЦЬ ПІД ПІДШИПНИКИ МЕТОДОМ УКЛЕЮВАННЯ

Суть цього методу полягає в тому, що процес відновлення посадкового місця поєднується зі складальною операцією вузла підшипника, внаслідок чого створюється нерухоме з’єднання підшипника і вала (корпуса підшипника), яке значно міцніше, ніж при посадках з натягом, що більш надійно захищає кільця підшипника від повороту, усуває при цьому знос і забезпечує більш надійну роботу вузла. При цьому уклеювання, на відміну від посадок з натягом, не приводить до появи напружень і деформацій кілець підшипника, що також сприяє більш комфортній його роботі.

Для розбирання відновленого таким чином підшипникового вузла слід нагріти шар металополімеру до температури понад 300 °С або випалити його, наприклад, за допомогою газового пальника.

В залежності від величини і характеру зношування розрізняють наступні методи відновлення уклеюванням:

- відновлення посадкових місць з незначним (до 0,25–0,30 мм за діаметром), рівномірним зносом (без попередньої механічної обробки відновлюваної поверхні) — *перший метод;*

- відновлення посадкових місць з незначним (до 0,1–0,15 мм за діаметром) зносом — *другий метод;*

- відновлення посадкових місць зі значним (вище 0,5–1,0 мм за діаметром) і нерівномірним зносом — *третій метод.*

ПЕРШИЙ МЕТОД

Роботи з відновлення поверхонь проводяться в такій послідовності:

- підготовка поверхні згідно з загальними рекомендаціями (очищення від бруду, мастила і т. п., поверхні надається шорсткість, знежирювання);
- протирання і знежирювання посадкової поверхні підшипника;
- контрольне збирання (підшипник повинен установлюватись на посадкове місце достатньо легко, без значних зусиль);
- захист сепаратора підшипника клейкою стрічкою чи ізострічкою від попадання в нього металополімеру при уклеюванні (при можливості краще використати для захисту антиадгезив Thortex, який наноситься на ділянки, що не підлягають покриттю металополімером);
- підготовка необхідної дози металополімеру;
- нанесення на посадкове місце вала (корпусу) необхідного шару (або декількох шарів) металополімеру і старанне зволоження відновлювальної поверхні;
- промазування (зволоження) тонким шаром металополімеру посадкового місця підшипника;
- установлення підшипника на вал (у корпус) з старанним притискуванням його до обмежуючих буртиків, втулок, стопорних кілець;
- усунення лишків металополімеру, очищення ацетоном незахищених місць на валу (у корпусі) при випадковому попаданні на них металополімеру, зняття захисту;
- витримка часу на полімеризацію металополімеру (згідно з інструкцією).

Центрування підшипників відносно вала (корпуса) в процесі уклеювання забезпечується як частками наповнювача металополімеру, що попадає в зазор, так і додатковими способами, наприклад, попере-

днім кернуванням відновлюваної поверхні (зазвичай достатньо накернити поверхню, що є опорною при уклеюванні), центруванням відносно інших деталей і т. д.

ДРУГИЙ МЕТОД

При відновлюванні посадкових місць з величиною зносу менше 0,1–0,15 мм за діаметром (величина зазору сумірна з розмірами частинок наповнювача) необхідно проводити попереднє розточування посадкового місця на величину 0,5–1,0 мм з нарізуванням «рваної різьби» чи канавок. Для забезпечення при уклеюванні центрування підшипників розточування проводять залишаючи пояски по краям посадкового місця і по його довжині (рис. 2.14). Загальна ширина поясків не повинна перевищувати 50% всієї поверхні склеювання

$$d_{ном}-d_1 = 0,1\ldots0,15 \text{ мм}; \quad d_1-d_2 = 0,5\ldots1,0 \text{ мм}.$$

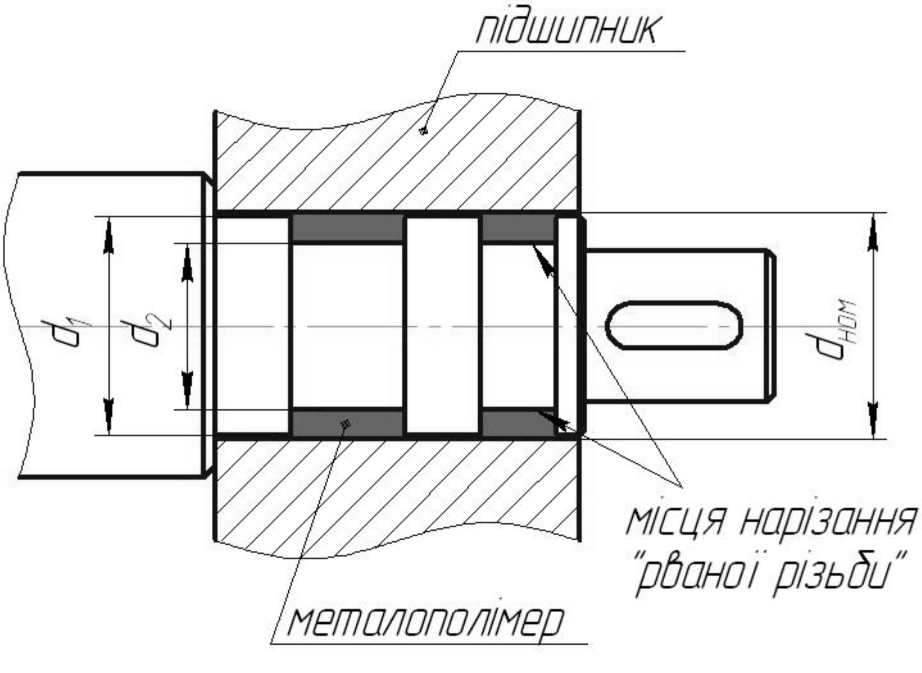


Рисунок 2.14
Схема розточування посадкового місця

МЕТОД ТРЕТІЙ

При відновленні наклеюванням посадкових місць зі значним й нерівномірним зносом особливе значення має центрування і забезпечення співвісності підшипника і вала (корпусу підшипника).

Вирішуються ці питання наступним чином:

1. На зношуваній поверхні поздовж твірних ліній установлюються металеві прокладки різної товщини (приблизно на 0,05…0,08 мм

менше зносу в цьому місці) у вигляді вузьких металевих смужок, які довші за місця зносу. Вільні кінці цих смужок кріпляться клейкою стрічкою, ниткою та іншим поряд з місцем уклеювання (бажано на ділянці вала з меншим діаметром). Здійснюється установлення підшипника, який повинен находити на посадкове місце достатньо легко і без значних зусиль. Після цього на місце зносу наноситься металополімер (місця під прокладками також промазуються). Установлюється підшипник і після полімеризації металополімеру кінці прокладок, що виступають, зрізуються.

2. За допомогою зварювання на місце зносу за діаметром наносяться невеликі крапкові (для запобігання перегріву вала) напливи у вигляді кілець з наступною проточкою до номінального посадкового діаметра підшипника.

Після контрольної установки підшипника здійснюється його уклейка за вищеописаними методами.

3. На зношуваних поверхнях робиться проточка для установлення двох чи більше центрувальних розрізних кілець, які закріплюються в підготовлених канавках зварюванням чи уклеюванням металополімером. Установлені кільця проточуються до посадкового номінального діаметра підшипника.

Можуть використовуватись і інші методи центрування.

ВІДНОВЛЕННЯ ПОСАДКОВИХ МІСЦЬ ЗІ ШПОНКОВИМИ ПАЗАМИ НА ВАЛАХ

Робота здійснюється в такій послідовності:

1. Проточується посадкове місце до діаметра d_1, мм:

$$d_1 = d_{ном} - (1{,}5 \ldots 2{,}0),$$

де $d_{ном}$ — номінальний діаметр, до якого відновлюється ділянка вала.

Проточування здійснюється одночасно з нарізанням «рваної різьби» чи кільцевих канавок (в цих місцях обробка не робиться) для забезпечення надійності і захисту покриття від ударів при подальшому складанні вузла.

2. Після очищення і знежирення наноситься металополімер. При цьому можуть застосовуватись два способи.

Перший спосіб. В шпонковий паз вставляється шпонка для захисту від попадання в нього металополімеру. Зразу ж після нанесення металополімеру на ремонтовану поверхню вала (не чекаючи його полімеризації) шпонка забирається. Після твердіння металополімеру

проводять токарну обробку посадкового місця до номінального діаметра. Для остаточного відновлення шпонкового паза і усунення можливих сколів металополімеру, що можуть з’явитись під час обробки паза, а також для підвищення надійності роботи шпонкового з’єднання шпонки уклеюють в шпонковий паз за допомогою металополімеру, видавлені залишки якого видаляють.

Другий спосіб. Металополімер наноситься не тільки на підготовлену проточену поверхню, але й повністю забивається шпонковий паз. Після твердіння металополімеру і проточки посадкового місця до номінального діаметра фрезерується новий шпонковий паз, зміщений на 90° чи 180° відносно старого пазу.

ВІДНОВЛЕННЯ РІЗЬБОВИХ З’ЄДНАНЬ

На практиці можуть траплятись випадки ремонту роз’ємних і нероз’ємних різьбових з’єднань. В першому випадку на місці зруйнованої різьби свердлять отвір (рис. 2.15 ,а) діаметром d_0, мм :

$$d_0 = d_{31} + (1{,}5 \ldots 2{,}0),$$

де d_{31}- зовнішній діаметр різьби в отворі.

Після розсвердлювання отвору нарізується «рвана різьба» або канавки (рис. 2.15, б) ,зовнішній діаметр яких має складати, мм :

$$d_{32} = d_0 + (1{,}0 \ldots 1{,}5).$$

Формується ж різьба болтом, змазаним тонким шаром антиадгезиву (спеціальним чи будь-яким мастилом) (рис. 2.15, в).

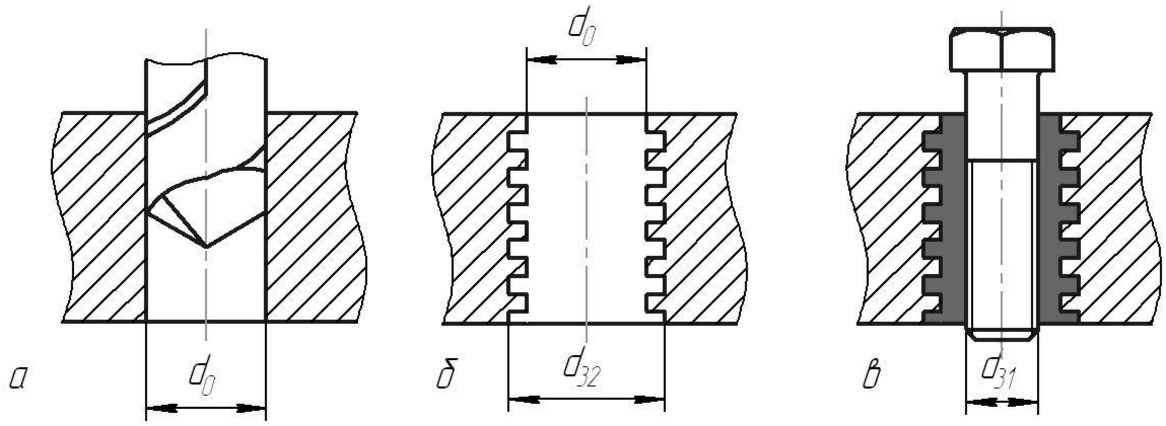


Рисунок 2.15
Схема формування різьби

В другому випадку при збереженні основи витків у отворі болти чи шпильки очищають від бруду, знежирюються разом з отвором і уклеюються на місце металополімером.

РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДІВ

На практиці зустрічаються пошкодження трубопроводів у вигляді крізних свищів, тріщин і пробоїв, через які протікають рідини. Технології ремонту трубопроводів низького тиску із невеликими перерізами (умовними проходами) і трубопроводів високого тиску і великих діаметрів дещо відрізняються.

При ремонтах першої групи трубопроводів їх поверхня біля зони протікання висушується, зачищається, знежирюється і промазується металополімером. Зверху на шар полімеру накладається бандаж із склотканини, просочений металополімером, а поверх склотканини наноситься шар металополімеру. Схема ремонту показана на рис. 2.15.

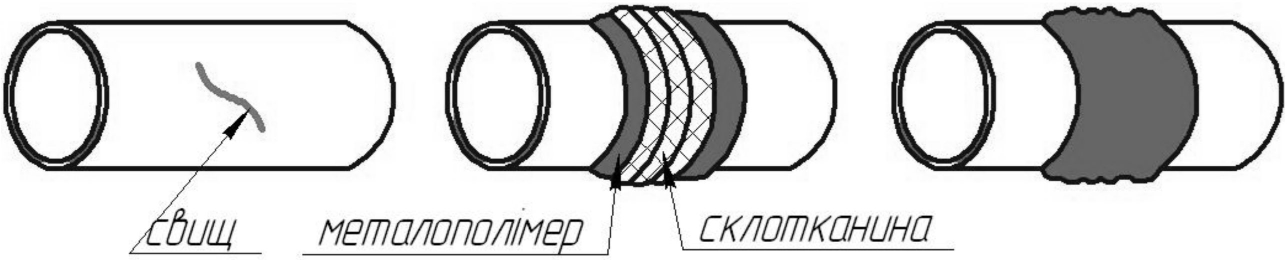


Рисунок 2.16
Схема ремонту трубопровода за допомогою бандажу

При ремонтах другої групи трубопроводів, після аналогічної підготовки на нанесений шар металополімеру накладається металева латка, поверхня якої попередньо покрита металополімером. Для закріплення латки використовується різьбове кріплення (уклеюються за допомогою того ж металополімеру) або бандажі (рис. 2.17).

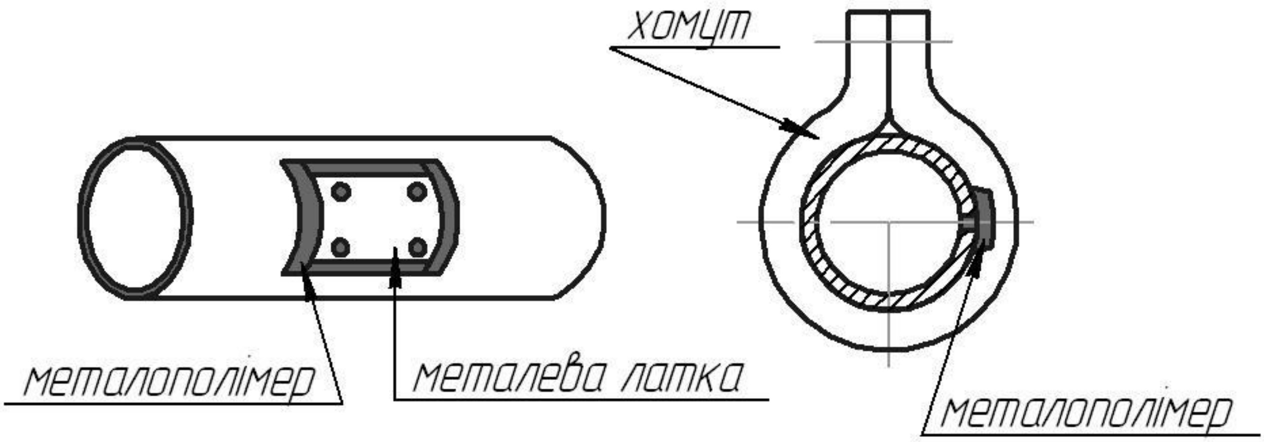


Рисунок 2.17
Схема ремонту трубопровода за допомогою металевої латки

ВІДНОВЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Зустрічаються випадки зношування поверхонь по всій довжині посадкового розміру (рис. 2.18, а) і зношування поверхонь зі збереженням прилежних ділянок номінального розміру (рис. 2.18, б).

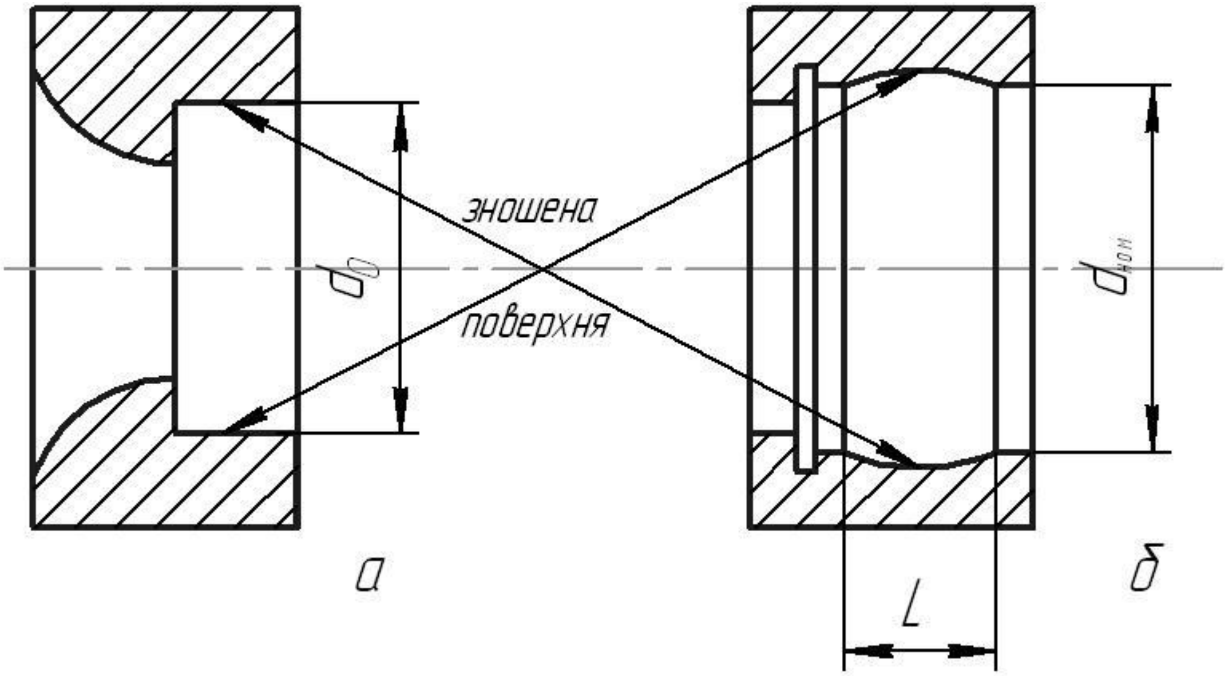


Рисунок 2.18
Схема зношування циліндричних поверхонь

В першому і другому випадках на зношуваній поверхні виконуються розточки (рис. 2.19, а, б). В першому випадку зношувана поверхня розточується до діаметра, мм

$$d_1 = d_0 + (1,5 ....2,5),$$

а канавки до діаметра

$$d_2= d_1+ (1,0....1,5).$$

В другому випадку ті ж діаметри визначаються за формулами:

$$d_1 = d_{ном} + (1,5…2,0) ; d_2 = d_1 + (1,0…1,5).$$

Після розточування поверхні канавки очищуються, знежирюються захищаються місця, що не підлягають покриттю антиадгезивом, наноситься металополімер з достатнім запасом за товщиною і розточується до номінального розміру $d_{ном}$ (рис. 2.20, а, б).

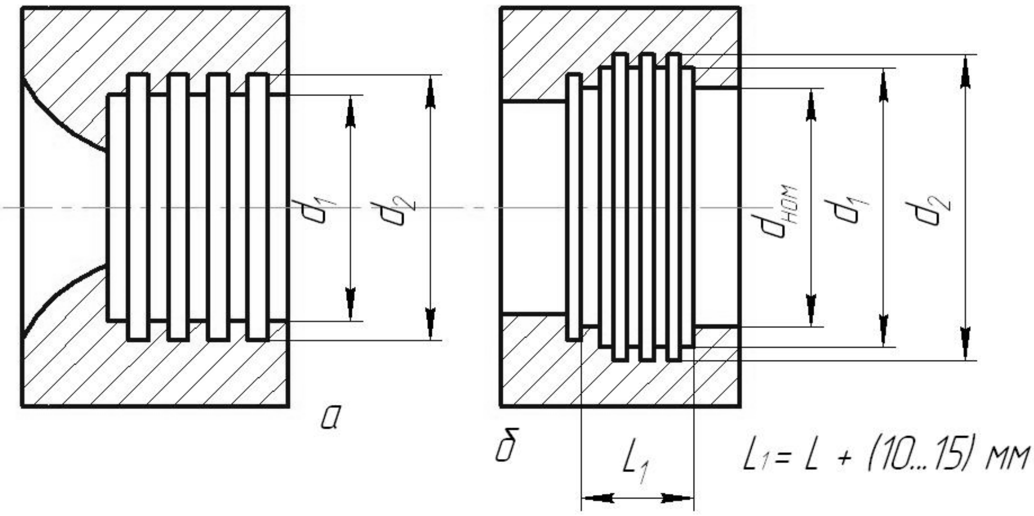


Рисунок 2.19
Схема розточки

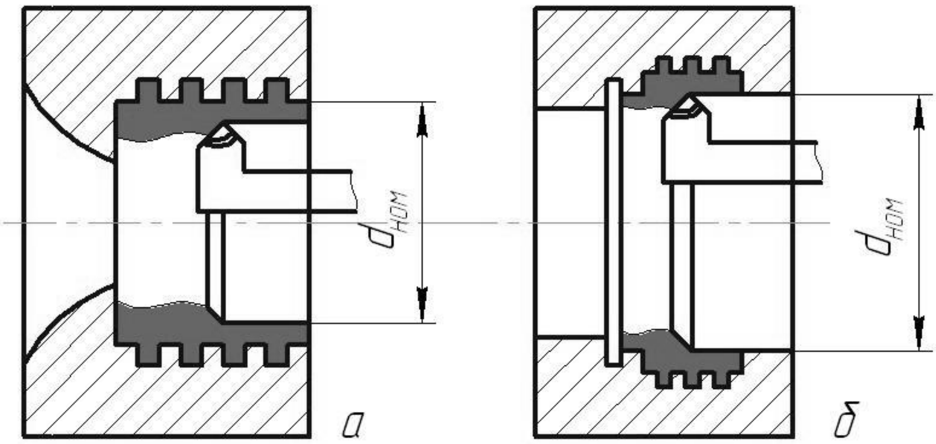


Рисунок 2.20
Схема нанесення металополімеру

ЗАМУРОВУВАННЯ ТРІЩИН, ПРОТІКАНЬ, ЗВАРНИХ І КЛЕПАНИХ ШВІВ У РЕЗЕРВУАРАХ, БАКАХ І ІНШИХ ЄМКОСТЯХ

При замуровуванні тріщин вкрай важливо визначити границі їх поширення. Для цього користуються декількома методами. При традиційному методі поверхня змащується гасом, який володіє надзвичайною проникливістю. Потім поверхня протирається салфеткою і після цього натирається крейдою. Тріщина проявить себе пожовтінням крейди. На обох кінцях тріщини свердлять отвори для запобігання її подальшому поширенню. Отвори рекомендується також свердлити і по всій довжині тріщини через 30…40 мм. Діаметр отворів має бути на 4–5 мм більше ширини тріщини, а для найтонших тріщин діаметр

отвору має бути не меншим 5 мм. В отворах слід нарізати різьбу і вставити укріплювальні чопи у вигляді шпильок і гвинтів. Обов’язковими є розробка країв тріщин і зачищення суміжної поверхні. Після очищення і знежирення ремонтованих поверхонь на металополімерах у різьбові отвори уклеюються болти (шпильки), верхні частини яких відрізають врівень з поверхнею деталі (у деяких випадках частини виступів болтів залишаються), а потім наноситься шар (чи декілька) металополімеру. Надійність замуровування підвищується, якщо металополімер буде армований склотканиною (рис. 2.21).

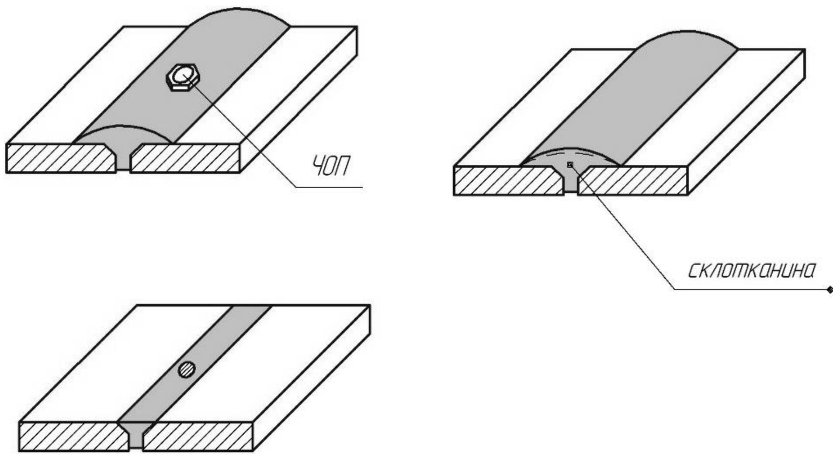
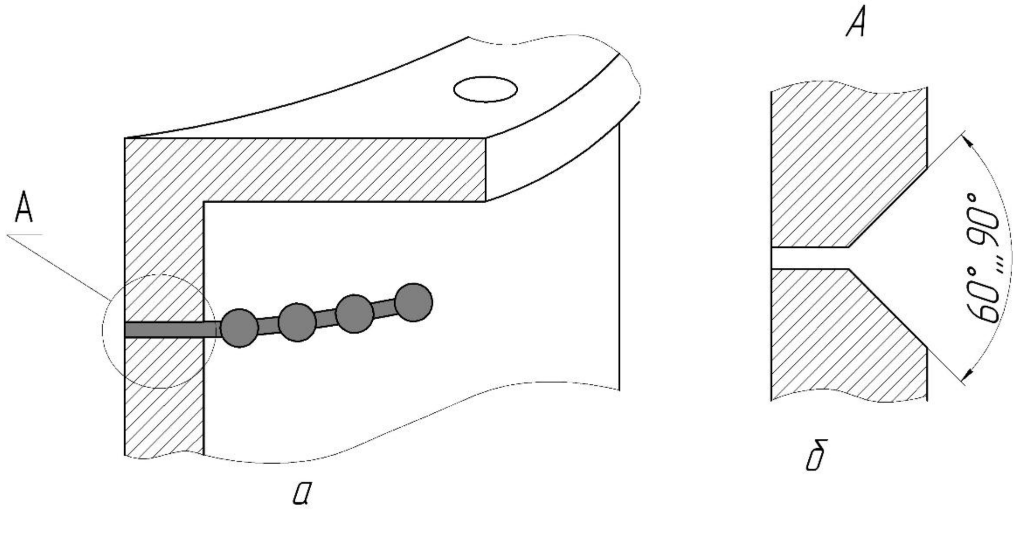


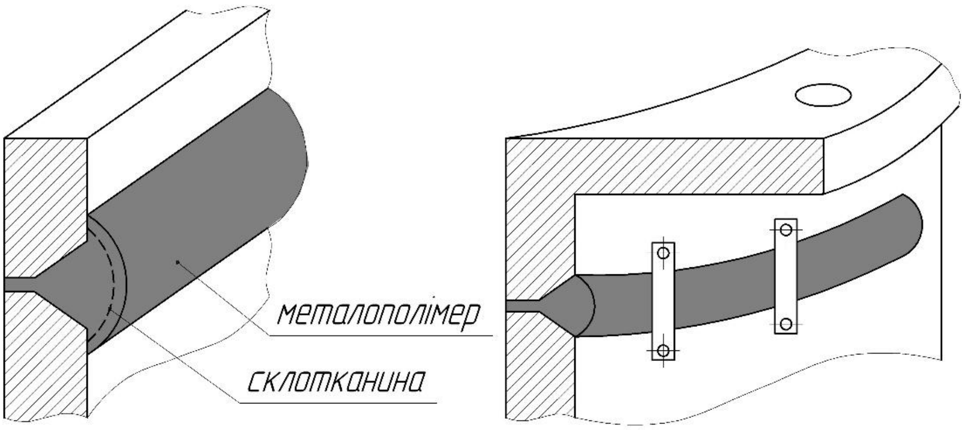
Рисунок 2.21
Схема армування склотканиною

ЗАМУРОВУВАННЯ ТРІЩИН У КОРПУСНИХ ДЕТАЛЯХ

При необхідності шар полімеру разом з чопами (гвинтами, шпильками) відрізають врівень з відновлювальною поверхнею.

Розглянемо на прикладі ремонту корпусної деталі, в якій утворилась крізна тріщина (рис. 2.22, а).





в *г*

Рисунок 2.22
Схема замуровування тріщини металополімером

Першим кроком ремонту є установлення границь поширення тріщини. Для цього поверхня очищується і знежирюється, а потім змащується гасом, через декілька хвилин протирається насухо і покривається крейдою. Тріщина проявить себе своєю жовтизною. Установивши розміри тріщини, свердлять на її кінцях і по довжині отвори через 30…40 мм (діаметр отворів, як відмічалось вище, залежить від ширини тріщини). Суміжні поверхні тріщини розробляються у вигляді трикутної канавки з кутом 60°–90° (рис. 2.22, б). Далі поверхні зачищаються до металевого блиску і знежирюються.

Замуровування тріщини ведеться наступним чином: в отвори уклеюються металополімером різьбові чопи (рис. 2.22, в). Зверху тріщини і на суміжну поверхню наноситься шар металополімеру, зміцнений склотканиною, яка захищає нанесений шар полімеру від розтріскування при вібрації. При великих навантаженнях рекомендується додатково установлювати металеві скоби (рис. 2.22, г), які мають перешкоджати розкриттю тріщин. Гвинти кріплення скобок саджають на металополімері.

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШАБЛОНІВ

Показовим є відновлення опор під підшипники, які складаються з корпусу і кришки, які з'єднуть болтами (гвинтами) (рис. 2.23).

Початковим етапом ремонту є розточування отвору під підшипник і нарізання канавок. Діаметр розточування отвору, мм :

$$D2 = D1 + (1{,}5\ldots2{,}0),$$

а канавок

$$D3 = D2 + (1{,}0\ldots1{,}5),$$

де D1 — діаметр посадкового отвору після зносу.

Підготовка поверхонь складається з очищення і знежирення. Окремо на поверхні отворів корпусу і кришки наноситься шар металополімеру з гарантованим запасом (товщина не менше $\delta = D2 - D1$).

На укладений шар полімеру корпусу установлюють вал-шаблон, попередньо покритий антиадгезивом. Поверхня вала має бути максимально гладенькою, відшліфованою. Антиадгезивом покриваються і інші суміжні поверхні, які не підлягають покриттю. Зверху установлюється кришка, а з'єднувальні болти (гвинти) затягуються максимально сильно, що забезпечує щільне прилягання кришки і корпусу. Вал-шаблон центрується або по крайнім, незношуваним сальниковим «постілям», або іншим способом.

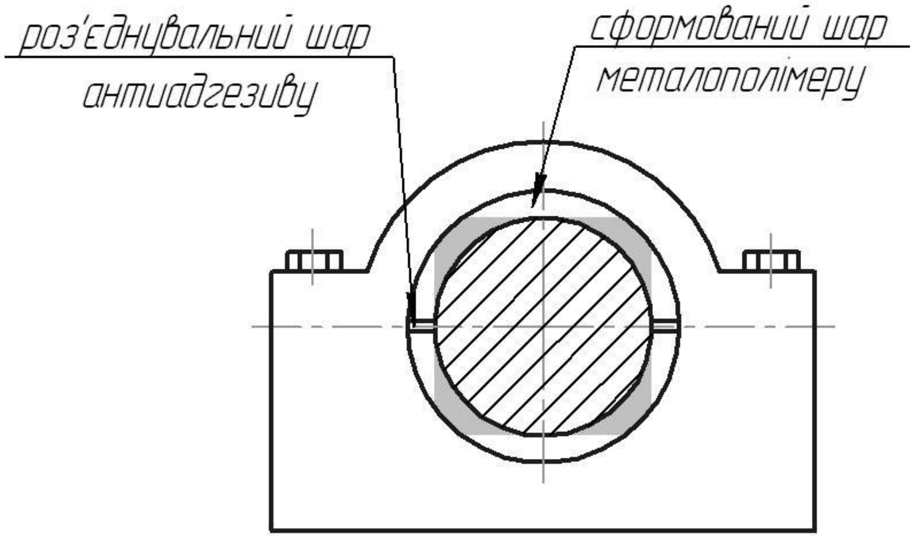


Рисунок 2.23
Схема відновлення опори підшипника

Розбирають деталь після твердження протягом 24 годин. При цьому болти дещо послаблюються, вал-шаблон злегка зрушують з місця різким ударом у торцеву частину, знімають кришку і шаблон, зачищають масляні канавки і усувається злом. Після цього складають відремонтовану деталь і проводять контрольний замір отриманого діаметра вала.

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ ЗІ ЗНАЧНИМИ ПОШКОДЖЕННЯМИ ПОВЕРХОНЬ

В якості прикладу розглянемо ремонт лопаті насоса, яка має значне пошкодження (рис. 2.24)



Рисунок 2.24
Схема лопаті насоса з пошкодженням

Схема відновлення лопаті показана на рис. 2.25. Згідно зі схемою першим кроком ремонту є уклеювання за допомогою металополімеру армованих металевих штифтів у підготовлені отвори в бокових поверхнях лопаті (рис. 2.25, а).

Формування зовнішньої поверхні здійснюється склотканиною, просоченою металополімером. Один кінець склотканини обмотується навколо штифта, а другий приклеюється на лопать, просичену металополімером, з перекриттям площі дефекту (рис. 2.25, а). Після цього витримують час на твердження.

Наступним кроком є наповнення порожнини дефекту металополімером (рис. 2.25, б).

Формування внутрішньої поверхні лопаті здійснюється також склотканиною, просоченою металополімером з перекриттям площі дефекту (рис.2.25, в). Остаточним завершенням ремонту лопаті є нанесення зверху склотканини металополімеру антикавітаційно-ерозійного і антикорозійного покриття (рис. 2.25, г).

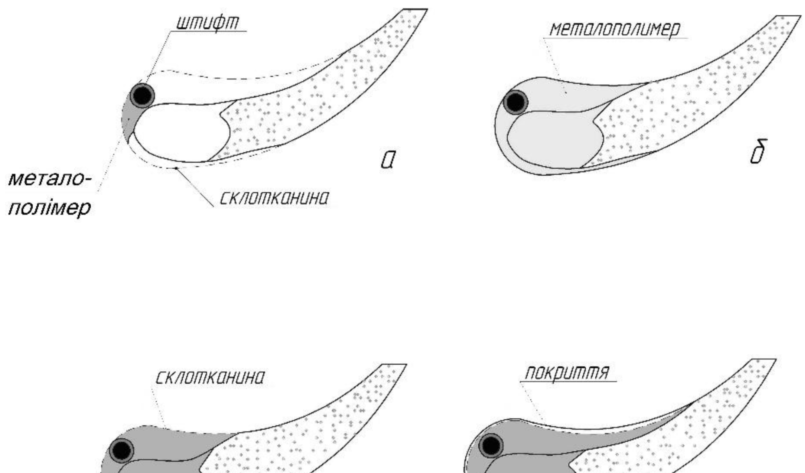


Рисунок 2.25
Схема відновлення лопаті

При покритті антикавітаційно-ерозійним шаром лопатей робочих коліс насосів чи подібних деталей, які не вимагають відновлення форми і геометричних розмірів деталей, рекомендується захищати їх пружки склотканиною, що має захищати покриття з металополімерів від розшарування при нанесенні ударів твердими предметами.

2.9. Ремонтні матеріали і технології «Локтайт» (Компанія Henkel)

Найбільш досконалою технологією ремонту промислових редукторів є технологія з використанням полімерних матеріалів «Локтайт» компанії «Henkel».

Технологія передбачає вирішення наступних задач.

Задача перша. Усунення дефектів корпусів і кришок та течі через ущільнення внаслідок пошкодження корпусу. Причиною дефектів і течі можуть бути шпарини в корпусних деталях та пошкодження останніх під час ремонтів чи технічного обслуговування.

При заповненні шпарин до 0,05 мм використовується клей зниженої в'язкості Loctite ® 290.При цьому операція виконується в такій послідовності:

1. Старанно очищується й знежирюється деталь речовиною Loctite ® 7063 та висушується.
2. Наноситься суміш Loctite ® 290 на поверхню таким чином, щоб вона заповнила шпарини.
3. На протязі приблизно 3 годин відбувається полімеризація нанесеної суміші.
4. Вилучається зайвий полімер.

При усуненні дефектів від пошкодження використовується епоксидна суміш з вмістом металу Loctite ® Hysol 3471. Операція виконується в наступній послідовності:

1. Старанно очищається і обезжирюється місце пошкодження речовиною Loctite ® 7063 та висушується.
2. Перемішується суміш Loctite ® Hysol 3471 і наноситься на поверхню, що підлягає відновленню.
3. На протязі близько 12 годин суміш полімеризується до функціональної міцності.
4. При необхідності деталь обробляють механічним шляхом для надання їй необхідних розмірів.

Задача друга. Запобігання провертанню кілець підшипників, утворенню фретинг-корозії й іржі (утворюються при наявності повітря в зазорах між підшипником і його гніздом) та фіксація кілець підшипників і захвата від пошкодження посадкових місць. Операція виконується в наступній послідовності:

1. Старанно очищаються і знежирюються контактні поверхні речовиною Loctite ® 7063, яка проте допускає наявність на поверхні деякої кількості масла.

2. На зовнішній діаметр підшипника рівномірно наноситься вал-втулко-вий фіксатор Loctite ® 641, який має середню міцність, що дозволяє в подальшому легко розбирати даний вузол при виконанні ремонтів. Замість нього можна застосовувати Loctite ® 640 для з`єднань, що розраховані на тривалу роботу без розбирання.

3. Деталі з`єднують звичайним шляхом після нанесення суміші.

4. Функціональна міцність з`єднання досягається при кімнатній темпера-турі за 6 годин.

Задача третя. Ремонт і відновлення поверхонь гнізд підшипників.

Знос деталей спричиняє появу мікропереміщень і ще більший знос посадкових поверхонь. Причиною є підвищені осьові сили та заїдання в з`єднаннях. Операції з відновлення виконують в наступній послідовності:

1. На розточувальному верстаті проточують пошкоджену ділянку гнізда підшипника на глибину до 1,5 мм з забезпеченням грубо шорсткої поверхні (для кращого зчеплення металополімеру з поверхнею).

2. Поверхня гнізда очищається і знежирюється Loctite ® 7063, просушується.

3. Перемішують і наносять на оброблену поверхню суміш Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal з припуском на наступну обробку.

4. На протязі 12 годин при кімнатній температурі відбувається полімеризація.

5. Обробка поверхні металополімеру до необхідних розмірів (зазвичай до розмірів посадки) за допомогою алмазного різального інструменту.

5. Відновлена поверхня і зовнішнє кільце підшипника обробляються Loctite ® 7063.

6.Зовнішнє кільце підшипника фіксується у гнізді за допомогою Loctite ® 2701 (зразу після нанесення).

Задача четверта. Запобігання ослабленню і корозії кріпильних деталей редуктора для забезпечення надійної герметизації зазорів між з`єднаннями корпусних деталей, корозії і заїданню установочних штифтів.

Кріпильні деталі можуть ослабнути під дією крутних моментів, вібрації, температурного розширення і знакозмінних навантажень. При ослабленні кріпильних деталей буде зменшуватись попереднє навантаження на прокладку, що в подальшому приведе до її пошкодження. Таким чином і установочні штифти можуть піддаватись корозії й застрявати у відповідних деталях, що робить розбирання вузла вкрай складним.

Послідовність операцій наступна:

1. Очищаються і знежирюються різьбові поверхні і штифти сумішшю Loctite ® 7063.

2. Наноситься шар протизадирного мастила Loctite ® 8009 на установочні штифти. Якщо припускається застосування рідкого формувача прокладок, то шар протизадирного мастила має бути якомога тоншим.

3. Наноситься різьбовий фіксатор середньої міцності Loctite ® 243 на нижню третину глухого отвору. Якщо кріпильні деталі виготовлені з неіржавіючої сталі, то використовується різьбовий фіксатор підвищеної міцності Loctite ® 2701.

4. Складається вузол і затягується різьбове з`єднання.

*Задача п`ята*. Запобігання пошкодженню прокладки фланця редуктора. Забезпечення точного регулювання зазорів у з`єднанні. Герметизація зазорів між пошкодженими поверхнями.

Через появу зазорів у з`єднаннях, пошкодження фланців і недостатню герметичність з`єднань контактивних корпусних деталей можуть виникати течі мастильних матеріалів.

Послідовність операцій наступна:

1. Видаляється матеріал старої прокладки і інші сторонні матеріали за допомогою суміші Loctite ® 7200.

2. Очищаються і обезжирюються обидва фланці сумішшю Loctite ® 7063. Наноситься неперервний валик фланцевого герметика Loctite ® 518. При цьому слід, якщо можливо, обходити отвори під болти. Якщо розміри фланців достатньо великі, то використовується фланцевий герметик Loctite ® 128068, який має низьку швидкість полімеризації, що робить можливим більш тривале складання.

4. З`єднуються деталі і затягуються різьбові з`єднання з необхідним моментом.

5. Витримується час на полімеризацію нанесених полімерів.

Задача шоста. Запобігання протікань через різьбові з`єднання систем змащування і охолодження. Постійний тиск і змінення температури всередині редуктора можуть підсилити будь-яку течу, а вібрація між редуктором і системою охолодження мастила може пошкодити трубопроводи.

Герметизація різьбових з`єднань здійснюється різьбовими герметиками Loctite ® 577, 572 чи 561. Полімеризовані різьбові герметики є стійкими до дії масел, води, гликолю і забезпечують надійну герметизацію, попереджують самовідгвинчування різьбових з`єднань, в той же час забезпечують легке розбирання з`єднання за допомогою звичайного інструменту.

Послідовність дій:

1. Очищення і знежирення деталей Loctite ® 7063.
2. Наноситься валик різьбового герметика Loctite ® (вказаний вище) на початкові витки зовнішньої різьби.
3. З'єднаються деталі і витримуються на час полімеризації (час вказується в інструкції на герметик).

Задача сьома. Попередження течей через зазори між корпусом редуктора і сальником та переміщень сальників у гнізді. При будь-якій пресовій посадці зберігаються невеликі зазори між сальником і корпусом. Ці зазори є причиною появи протікань рідини. Якщо редуктор має роздільний корпус , то Т-подібні з`єднання також можуть бути місцями протікань.

Для сальників з зовнішнім кільцем, що покрите еластоміром, заповнюють повітряні зазори моментальним клеєм Loctite ® 435, який наноситься на зовнішній діаметр сальника.

Якщо установка сальника займає тривалий час чи його діаметр перевищує 60 мм використовується Loctite ® 480, а якщо касетний сальник, то також необхідно приклеїти внутрішнє кільце до вала за допомогою моментального клею Loctite ® 435.

Для сальника з металевим зовнішнім кільцем заповнюються повітряні зазори фіксатором середньої міцності Loctite ® 243, який наноситься на зовнішній діаметр сальника.

Послідовність операцій:

1. Очищення і знежирення контактуючих поверхонь сальника і корпусу редуктора сумішшю Loctite ® 7063.

2. Наноситься суміш , що рекомендована для даного типу сальників і для такого їх діаметра. Якщо застосовується касетний сальник, то також наноситься суміш на вал.

3. Установлюється сальник звичайним шляхом. Видаляється залишковий матеріал.

Задача восьма. Відвернення прокручування підшипників і ремонт зношуваних валів.

Тип ремонтних матеріалів визначається величиною зазорів. Для зазорів до 0,05 мм для відновлення з`єднань використовуються вал-втулковий фіксатор Loctite ® 603 (стійкий до дії масел, висока міцність) чи Loctite ® 641 (середня міцність, легке розбирання вузла), для зазорів до 0,25 мм — суміш Loctite ® 660 разом з активатором Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal, а потім фіксується підшипник на відновленому валу з використанням клею Loctite ® 2701.

Послідовність операцій:

При зазорах до 0,05 мм

1. Очищення і знежирення деталей Loctite ® 7063.
2. Наноситься валик Loctite ® 603 чи Loctite ® 641 по поверхні вала.
3. Звичайним шляхом установлюється підшипник на вал.
4. Видаляється залишковий матеріал.
5. Полімеризація з`єднання на протязі 6 годин.

При зазорах до 0,25 мм

1. Очищення і знежирення деталей Loctite ® 7063.
2. Наноситься активатор Loctite ® 7649 на внутрішнє кільце підшипника.
3. Наноситься валик Loctite ® 660 на поверхню вала.
4. З`єднання деталей.
5. Видаляється залишковий матеріал.
6. Полімеризація матеріалу на протязі 12 годин.

При зазорах більше 0,25 мм

1. На токарному верстаті проточується зношувана ділянка вала на глибину 1,5 мм.

2. Вал установлюється на опори. Поверхність обробки — грубо шорстка.

3. Очищення і знежирення деталей Loctite ® 7063.

4. Нанесення на оброблену поверхню Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal. Товщина шару має передбачати допуск на подальшу обробку.

5. Нанесений шар полімеризується на протязі 12 годин при кімнатній температурі.

6. Оброблення поверхні вала алмазним різцем до необхідних розмірів.

7. Наноситься активатор Loctite ® 7649 на відновлену поверхню вала.

8. Наноситься клей Loctite ® 2701 на внутрішнє кільце підшипника.

Якщо для установлення підшипника на вал використовується гаряча посадка, то необхідно використовувати вал-втулковий фіксатор Loctite ® 638.

*Задача дев`ята*. Усунення осьових задирів на циліндричних валах і підвищення міцності з`єднань на зношуваних валах.

Задири виникають під час демонтажу підшипників і зубчастих колес з валів. Тип ремонтних матеріалів і кількість операцій залежить від величини задирів, які поділяються на середні і глибокі.

Послідовність операцій:

При середніх задирах

1. З поверхні вала усуваються стирчасті частини задирів.
2. Очищення і знежирення деталі Loctite ® 7063.
3. Наноситься валик вал-втулкового фіксатора Loctite ® 603 на поверхню вала.
4. Звичайним способом запресовується підшипник на вал.
5. Видаляється надлишковий матеріал .
6. Полімеризація на протязі 6 годин.

При глибоких задирах

1. З поверхні вала усуваються стирчасті частини задирів.
2. Очищення і знежирення деталей Loctite ® 7063.
3. Заповнюються заглибини металополімером Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal. Створюється шар матеріалу з урахуванням припуску на наступну обробку.

4. Полімеризація матеріалу на протязі 12 годин при кімнатній температурі.

5. Усувається надлишковий матеріал наждаком.

6. Наноситься активатор Loctite ® 7649 на відновлену поверхню.

7. Наноситься клей Loctite ® 603 на внутрішнє кільце підшипника (після очищення і знежирення) і підшипник установлюється на вал.

Задача десята. Підвищення надійності і міцності кріплення зубчастих колес на валу. Ремонт зношуваних конусних посадок.

Зустрічаються випадки, коли при технічному обслуговуванні невірно виконане складання вузла є причиною виникнення мікропереміщень сполучених деталей (наприклад, внутрішнього кільця підшипника відносно вала) і, отже, до подальшого зносу з`єднання.

При незначному зносі вала зубчасте колесо наклеюють безпосередньо на вал за допомогою вал–втулкового фіксатора високої міцності Loctite ® 648.

Послідовність дій:

1. Очищення і знежирення деталей Luctite ® 7063.
2. Наноситься валик Loctite ® 648 на поверхню вала.
3. Звичайним способом напресовується зубчасте колесо на вал.
4. Видаляється залишковий матеріал.
5. Полімеризація фіксатора на протязі 6 годин.

Наклеювання втулки на зношуваний вал виконують також за допомогою вал-втулкового фіксатора Loctite ® 648.

Послідовність дій:

1. Визначаються необхідні розміри втулки, вал оброблюється до розмірів втулки.
2. Наноситься валик Loctite ® 648 на поверхню вала.
3. Насаджується втулка на вал.
4. Видаляється залишковий матеріал.
5. Полімеризація матеріалу на протязі 6 годин.
6. Наклеювання зубчастого колеса на втулку за допомогою Loctite ® 648.

Відновлення зношуваного вала виконується епоксидною сумішшю з вміс-том кераміки Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal і наклеюванням зубчастого колеса на вал за допомогою вал-втулкового фіксатора Loctite ® 638.

Послідовність дій:

1. На верстаті зношувана поверхня вала проточується на глибину 1,5 мм з високою шорсткістю.

2. Вал закріплюють на опорах.

3. Деталі сполучення очищаються і знежирюються Loctite ® 7063.

4. На оброблену поверхню наноситься Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal. Товщина шару має враховувати припуск на подальшу механічну обробку.

5. Нанесений матеріал полімеризується на протязі 12 годин при кімнатній температурі.

6. Обробляють поверхні вала алмазним різцем до необхідних розмірів.

7. Наносять на оброблений вал-втулкового фіксатора Loctite ® 638.

8. З'єднують деталі звичайним способом.

Задача одинадцята. Фіксація шпонок у шпонкових канавках вала на новому обладнанні. Запобігання мікропереміщень, що приводять до зносу. Ремонт зношуваних шпонкових канавок.

Запобігання зносу шпонки і шпонкової канавки при новому обладнанні за допомогою різьбових фіксаторів середньої міцності Loctite ® 243 чи Loctite ® 248.

Послідовність дій:

1. Очищення і знежирення шпонкової канавки і шпонки за допомогою Loctite ® 7063.

2. Нанесення декількох капель різьбового фіксатора Loctite ® 243 на поверхню шпонкової канавки чи декількох капель різьбового фіксатора Loctite ® 248 на поверхню шпонки.

3. Шпонка установлюється у шпонкову канавку.

4. Видаляється надлишковий фіксатор.

5. Полімеризація на протязі 6 годин перед складанням вузла.

Відновлення зношуваного вала і вклеювання призматичної шпонки у шпонкову канавку з використанням Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal.

Послідовність дій:

1. Очищення і знежирення деталі за допомогою Loctite ® 7063.

2. Нанесення тонкого шару сухого мастильного засобу Loctite ® 8192 на поверхню отвору посадкової деталі і на інші поверхні, які не підлягають приклеюванню. Витримка 30 хвилин. Це мастило дає захисний засіб.

3. Перемішується і наноситься Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal. На нижній частині шпонкової канавки формується більш тонкий шар, а на її стінках — більш товстий шар. Якщо шпонкова канавка зношувана незначно (зазор 0,25 мм), то рекомендується використовувати Loctite ® 660.

4. Шпонка установлюється в шпонкову канавку.

5. Видаляється надлишковий матеріал.

6. Зубчасте колесо насаджується на вал не пізніше чим через 10 хвилин.

7. Полімеризація на протязі 6 годин.

При значному зносі шпонкових канавок стару канавку заповнюють керамонаповненим епоксидним матеріалом і виготовляють нову.

Послідовність дій:

1. Очищення і знежирення деталі за допомогою Loctite ® 7063.

2. Перемішується і наноситься Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal на поверхню шпонкових канавок вала і зубчастого колеса.

3. Полімеризація ремонтного матеріалу на протязі 12 годин.

4. Оброблення вала і отвору зубчастого колеса до необхідних розмірів.

5. Виготовлення нових шпонкових канавок вала і отвору колеса.

6. Нанесення декількох капель різьбового фіксатора Loctite ® 243 на поверхні шпонкової канавки вала і шпонки.

7. Установлення шпонки в шпонкову канавку вала.

8. Видаляється надлишковий матеріал.

9. Полімеризація на протязі 6 годин перед складанням вузла.

Задача дванадцята. Ремонт нерухомих шліцевих з’єднань. Знакозмінні і комбіновані тяжкі навантаження можуть викликати мікропереміщення, що в подальшому може призвести до критичного зносу шліців.

При зазорах у межах 25 мм нерухомі шліці склеюються за допомогою вал-втулкого фіксатора Loctite ® 660 і активатора Loctite ® 7649. При зазорах понад 0,25 мм нерухомі шліці відновлюють з використанням керамонаповне-ного епоксидного матеріалу Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal.

Послідовність дій:

1. Поверхні вала і втулки оброблюються абразивним матеріалом для надання їм грубої шорсткості.

2. Очищення і знежирення поверхонь Loctite ® 7063.

3. Нанесення Loctite ® Hysol 3478 Superior Metal на шліцевий вал з рівномірними розподіленням по поверхні (якщо знос менше 0,25 мм, то рекомендується використовувати вал-втулковий фіксатор Loctite ® 660 у поєднанні з активатором Loctite ® 7649).

4. Відразу після нанесення ремонтного матеріалу шліцевий вал вставля-ється у втулку, а надлишковий матеріал видаляється.

5. Полімеризація з'єднання на протязі не менше 6 годин.

Задача тринадцята. Запобігання взаємному переміщенню напівмуфт внаслідок ослаблення установочних гвинтів і самовідгвинчуванню гвинтів, забезпечення оптимального ресурсу вузлів для конкретних умов експлуатації. Муфти, зазвичай, піддаються дії вібрацій і високих навантажень, що і призводять до ослаблення різьбових з'єднань.

Для фіксації різьбових з'єднань муфт використовується різьбовий фіксатор середньої міцності Loctite ® 243 чи 248.

Послідовність дій:

1. Очищення і знежирення поверхонь Loctite ® 7063.

2. Нанесення різьбового фіксатора на всі різьбові кріпильні деталі.

3. З'єднуються напівмуфти між собою.

4. Затягнення всіх різьбових з'єднань на протязі 5 хвилин після з'єднання напівмуфт.

5. Нетривала полімеризація.

Задача чотирнадцята. Змащення металевих поверхонь при виконанні операцій розбирання і складання вузлів. Полегшення з`єднання будь-яких деталей редуктора за допомогою аерозолів. Захист оброблених деталей від корозії.

Для здійснення вказаних робіт використовується універсальна проникна рідина Loctite ® 8201, яка призначається для вивільнення, змащення, очищення, видалення вологи і захисту від корозії будь-яких деталей редуктора.

Задача п`ятнадцята. Вивільнення заіржавілих і заклинених елементів у процесі розбирання редукторів. В цьому випадку використовується аерозоль Loctite ® 8040 Freeza & Release.

Послідовність дій:

1. Очищення деталі від бруду і крихкої іржі.

2. Старанно збовтують балончик з аерозолем. Розпилення вмісту балончика на кріпильну деталь з відстані 10–15 см на протязі 5–10 секунд.

3. Перед початком відгвинчування чи розбирання витримується пауза на протязі 1–2 хвилини.

4. При необхідності обробка повторюється.

Задача шістнадцята. Забезпечення легкості з`єднання будь-яких деталей.

В цьому випадку використовується багатоцільове мастило Loctite ® 8106 чи мастило для важких умов Loctite ® 8102 на будь-яку деталь, що потребує змащення в процесі складання.

Задача сімнадцята. Забезпечення легкого розбирання при проведенні технічного обслуговування. Захист кріпильних деталей і установочних штифтів від заїдання і фретінг-корозії.

В цьому випадку на зовнішні кріпильні деталі і установочні штифти, що піддаються корозії, наноситься мідне протизадирне мастило Loctite ® 8065. Мастило Loctite ® 8009 використовується при контактуванні поверхонь деталей з агресивними середовищами.

Задача вісімнадцята. Перетворення шару іржі на зовнішніх поверхнях у міцне покриття . Захист поверхонь від подальшої корозії.

В цьому випадку використовується перетворювач іржі Loctite ® 7500, що являє собою суміш на водяній основі і висихає при кімнатній температурі.

Послідовність дії:

1. Перед використанням старанно збовтують балончик з рідиною.

2. Поверхню очищують від бруду , масел і крихкої іржі .

3. Рідина щедро наноситься на поверхню пензлем, губкою чи валиком.

4. Для досягнення максимальної міцності рекомендується наносити два шари.

5. Нанесення другого шару здійснюється через 60-120 хвилин після першого.

5. Фарбувати поверхню належить через 24 години після нанесення шару.

Задача дев`ятнадцята. Довготривалий захист чорних металів від корозії. Обробка і захист зовнішніх поверхонь.

В цьому випадку рекомендується використовувати цинковий спрей Loctite ® 7800, що забезпечує катодний захист і надає поверхні приємний зовнішній вигляд. Передбачено виконання і багатьох інших операцій. Більш ґрунтовно з даним питанням можна ознайомитись через українську технічну службу компанії Henkel Loctite „Хенкель Україна“ (www. Loctite.com.ua).

3. ЗМІЦНЕННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХОНЬ

До найбільш поширених методів зміцнення і відновлення властивості поверхонь відносяться: термічна і хіміко-термічна обробка, зміцнення деталей пластичним деформуванням, покриття твердими сплавами.

3.1. Термічна обробка сталевих деталей

Під термічною обробкою розуміють спеціальну теплову обробку за певним режимом, внаслідок якої змінюються фізико-механічні і фізико-хімічні властивості сталей. При термічній обробці може досягатись зміцнення властивостей деталей як по всьому об'єму, так і в його частині (наприклад, у поверхневих шарах). До способів термічної обробки відносяться: *відпал, нормалізація, гартування, відпуск.*

ВІДПАЛ

Відпал дозволяє змінювати величину зерен і ступінь дисперсності фаз і отримати рівноважну (стійку) структуру. Внаслідок відпалу сталі знижується її твердість і підвищується в'язкість, знімаються залишкові внутрішні напруження в деталях. При цьому деталь розігрівається до високої температури з тривалою витримкою і повільним охолодженням з заданою швидкістю. Зазвичай деталь спочатку охолоджується разом з піччю, потім — на повітрі.

НОРМАЛІЗАЦІЯ

Нормалізація відрізняється від відпалу нагрівом деталей до більш високої температури (на 20°–30° С) і охолодженням деталі на повітрі. В цьому випадку вирівнюється структурна неоднорідність металу з придбанням мілкої зернистої структури.

ГАРТУВАННЯ

Застосовується для підвищення твердості металу, його міцності, зносостійкості і корозійної стійкості, а також для змінення інших властивостей. Після гартування в'язкість сталі зменшується. А при невдалому гартуванні навіть виникає надмірна крихкість деталей.

Для змінення об'ємних властивостей матеріалу деталей машин застосовують різні види об'ємної термічної обробки (відпал, нормалізація, гартування, відпуск), а для змінення властивостей поверхневих шарів — поверхневе гартування.

Щоб надати деталі рівноважної структури, зняти внутрішні напруження, підвищити в'язкість, зменшити крихкість і покращити оброблюваність, деталі, що пройшли гартування чи нормалізацію, піддають *відпуску*. Він полягає в нагріванні деталі до 500°С (*високотемпературний відпуск*), до 250–450°С (*середньотемпературний відпуск*) чи до 140°–250°С (*низькотемпературний відпуск*), витримці при підвищеній температурі протягом 1–4 години і наступному охолодженні.

При цьому слід зважати на те, що *об'ємне і поверхневе гартування* дають різний ефект зміцнення. Так, наприклад, зубчасті колеса, зубці яких загартовані на всю глибину, працюють добре в умовах, де потрібний опір зносу чи корозії і немає динамічних навантажень. Зубці із загартованим шаром по всьому контуру володіють таким же опором зносу і корозії, як і зубці, загартовані на всю глибину, але вони значно міцніші при динамічних навантаженнях. Таке відбувається і в інших випадках. Тому поверхневе гартування набуло більш широкого поширення.

На даний час широко застосовується поверхневе гартування з нагрівом газовим полум'ям і струмами високої частоти (СВЧ).

При полум'яному *гартуванні* використовують полум'я газовокисневих пальників. В якості горючого газу використовують ацетилен, природній і інші гази. Гартуванню піддаються деталі із середньо- і високовуглецевих сталей і чавунів (сірого, модифікованого, легованого і ковкого з вмістом зв'язаного вуглецю 0,40–0,85%) після відповідної термічної обробки (майже в остаточно обробленому стані).

Особливі переваги полуменевого гартування проявляються на крупних деталях в індивідуальному виробництві, адже методи об'ємного гартування в цьому випадку не застосовуються. Воно широко застосовується для зміцнення різноманітних сталевих і чавунних деталей, зубчастих коліс, прокатних валків, шпинделів, валів, шевронних

валків шестеренчастих клітей прокатних станів, роликів і бандажів правильних машин, гальмівних шківів, дисків пил для порізки металів, роликів агломашин, гвинтів натискних пристроїв прокатних станів та іншого.

Після газопламеневого гартування, як правило, деталі піддаються низькому відпуску в масляній ванні при температурі 180–200 ^{O}С.

Внаслідок застосування газопламеневого поверхневого гартування значно зростає витривалість деталей (наприклад, термін експлуатації зубчастих коліс збільшується в 3,5–5 разів).

Поверхневе гартування з нагрівом СВЧ застосовується також для зміцнення як сталевих, так і чавунних деталей. Причому продуктивність при гартуванні СВЧ у порівнянні з пламеневим гартуванням у 2...6 разів більша.

Суть індукційного нагріву полягає в тому, що при перебуванні деталей в магнітному полі, що змінюється з високою частотою, поверхневий шар металу розігрівається наведеними (індукованими) віхревими струмами. Глибина шару нагріву зменшується зі збільшенням частоти.

Нагрів СВЧ дозволяє здійснювати місцевий відпуск і тим самим регулювати розподіл напружень і міцність шару. Охолодження після індукційного нагріву здійснюють або звичайним способом у тих же гартувальних ваннах, які застосовують для об’ємної термічної обробки, або за допомогою пристрою, що розбризкує (спреєра), який забезпечує безпосередню подачу охолоджуваної рідини в зону нагріву.

Важливим моментом нагріву СВЧ є усунення можливості обезвуглецювання поверхневого шару деталей, сприяння зміцненню границі холодноламкості в області більш низьких температур.

Застосування високочастотного гартування забезпечує суттєвий економічний ефект, оскільки дозволяє в багатьох випадках замінити леговані сталі вуглецевими чи низьколегованими, знизити тривалість обробки і енергетичні витрати, зменшити припуски на шліфування деталей чи повністю усунути інші види обробки поверхні після гартування. Недоліки такого гартування полягають в необхідності виготовлення спеціальних індукторів для кожної деталі.

Плазмове гартування є одним із перспективних способів зміцнення поверхонь деталей, в основу якого покладено нагрів плазмою. Гартування може поширюватись на глибину до1,5–2 мм з можливістю

регулювання параметрів поверхневого шару. Призначається для зміцнення контурів різьби ходових гвинтів, шестерен, зубчастих коліс, рейок, робочих профілей, кулачків, комірів, канавок, отворів, напрямних, шпинделів, валів, осей, прокатних валків, інструменту. Забезпечує підвищення мінімум у 2 рази ресурсу роботи зміцнених деталей при мінімальній собівартості (витрати електроенергії у 8–10 разів менші, ніж при застосуванні СВЧ).

Поверхневе зміцнення з нагрівом електронним променем базується на тому, що енергія потоку електронів (швидкість руху близька до швидкості світла) перетворюється в теплову і виділяється в поверхневому шарі деталі, товщина якого рівна величині пробігу електронів. При достатній щільності пучка електронів за дуже короткий час оплавляється тонкий поверхневий шар металу. Оскільки загальна кількість тепла невелика внаслідок малої товщини шару (0,1–0,001 мм), то воно дуже швидко поглинається рештою деталі. При цьому досягається така інтенсивність охолодження, яку неможливо отримати при будь-якому іншому способі.

Поверхневе зміцнення з опроміненням дейтронами призводить до тих же результатів, що й при опромінюванні електронами, тобто і в цьому випадку виникає тепловий ефект. Мікротвердість поверхні за рахунок гартування зростає у 2–3 рази на глибині до 1 мм.

Зміцнення променем лазера. В залежності від інтенсивності і тривалості лазерного випромінювання розрізняють наступні стадії його взаємодії з матеріалом: підведення лазерного випромінювання до матеріалу, поглинання світлового потоку і передача його енергії твердому тілу, нагрів матеріалу без видимого руйнування, розплавлення матеріалу, випаровування і вимивання продуктів руйнування, охолодження матеріалу після закінчення лазерної дії [8].

Швидкість нагріву при лазерному опромінюванні дуже висока і досягає 10^5–10^6 °С/с. Тобто, тут швидкість охолодження в тисячу раз більша швидкості звичайного гартування. Внаслідок цього створюються надзагартовані зони (білі шари), характерні для інших видів швидкісного нагріву (електронним променем, електроіскровою дією, вибуховим ефектом та іншими). Цей шар має високу поверхневу твердість, мілку кристалічну субструктуру і містить високотемпературні фази.

Поверхневе зміцнення лазером характеризується низкою особливостей: зміцнення локальних об’ємів матеріалу деталей в місцях їх

зносу з твердістю, що перевищує на 15…20 % твердість поверхонь після термічної обробки традиційними способами; локальне зміцнення поверхонь важкодоступних порожнин, поглиблень; створення „плямистого“ поверхневого зміцнення значних площ деталей; отримання при необхідності заданої мікрошорсткості зміцнених поверхонь деталі; отримання певних фізико-механічних, хімічних і інших властивостей поверхонь шляхом їх легування різними елементами за допомогою лазерного випромінювання; відсутність деформації оброблюваних деталей, що дозволяє повністю усунути фінішне шліфування та інше.

Поряд з суто лазерним застосовується *комплексне лазерне* зміцнення, яке поділяється на сумісне *лазерно-криогенне* і *лазерно-ультразвукове* зміцнення.

Перше здійснюється послідовним лазерним нагрівом зміцнюваної деталі і наступним охолодженням всієї деталі в середовищі рідкого азоту чи іншого криоагенту. Його перевагою по відношенню до суто лазерного є підвищення мікротвердості поверхневого шару і зменшення його зносу.

Друге здійснюється локальним нагрівом лазером зони обробки і її наступним чи сумісним ультразвуковим зміцненням. Об’єднання цих факторів дозволяє отримати високі швидкості місцевого нагріву (10^{10} °С/с), охолодження (10^{6}…10^{8} °С/с) і деформації. Сумісна дія температури, тиску і швидкісного охолодження призводить до створення мілкої дисперсної структури („білого шару“) в поверхневому шарі металу з високою мікротвердістю. Так, наприклад, якщо мікротвердість після ультразвукової обробки досягає HV 400...450, після лазерної — HV 700...800, то суміщення методів дозволяє отримати HV 1200...1300 при вихідній твердості HV 250 [8].

3.2. Хіміко-термічна обробка

Хіміко-термічна обробка внаслідок сумісної дії температури і активного зовнішнього середовища дозволяє змінювати хімічний склад і структуру поверхневого шару металу з метою підвищення твердості, опору зносу, втомної міцності, а в деяких випадках для поліпшення антикорозійних і ерозійних властивостей.

В якості активних середовищ застосовуються тверді, рідкі і газоподібні речовини, збагачені елементом, яким здійснюється насичення поверхонь деталей.

Найбільшого поширення отримали наступні методи хіміко-термічної обробки: *цементація* (насичення сталі вуглецем); *азотування* (насичення сталі азотом); *нітроцементація* чи *ціанування* (сумісне насичення сталі вуглецем і азотом).

Цементація є найбільш простим і поширеним способом зміцнення поверхневого шару деталей. Після цементації підвищується твердість поверхневого шару, опір згину і розтягненню, а також міцність втомленості. Нагрів деталей здійснюється до 900–1000 ^{0}С. В залежності від середовища, в якому відбувається процес, розрізнюють цементацію в твердому, газоподібному і рідкому карбюризаторах (активних середовищах). Найбільш ефективним процесом вважається газова цементація, бо він відбувається скоріше у 2–3 рази в порівнянні з цементацією в твердому карбюризаторі. Традиційна цементація здійснюється у муфельних печах. В той же час прогресивним вважається процес газової цементації із застосуванням СВЧ (струмів високої частоти).

Збільшення вмісту вуглецю у поверхневому шарі при наступному гартуванні з відпуском підвищує поверхневу твердість до HRC 62–65, а отже і зносостійкість деталей.

Азотування застосовується для підвищення властивостей деталей, що руйнуються внаслідок втомленості чи зношуваності під впливом корозійного середовища. Здійснюється азотування у муфельних печах при 450–600 ^{0}С (для підвищення зносостійкості і міцності) чи при 600–800 ^{0}С (для підвищення корозійної стійкості) в атмосфері аміаку. Азотуванню піддають сталі, леговані хромом, алюмінієм, молібденом, вольфрамом, нікелем. Найбільш широко використовуються сталі 38ХМЮА, 30Х2НВФА, 38ХВЮА, 30Х, 40Х, 18ХНВА, 45ХНМА і інші. Азотування є остаточною операцією виготовлення деталі, після чого деталі можуть піддаватись лише протиранню і доводці.

Міцністне азотування при температурах 500–550 ^{0}С забезпечує поверхневу твердість HV 1100–1200 при глибині шару 0,5–0,6 мм. Зносостійкість зміцненого шару після азотування у 1,5–4 рази вища, ніж після цементації.

Нітроцементація і *ціанірування*. Поверхневе насичення деталі одночасно

здійснюють вуглецем і азотом у газовому середовищі і в розплавленій ціаністій ванні. В першому випадку процес називають нітроцементацією, в другому-ціануванням.

Нітроцементація вважається найбільш прогресивним способом хіміко-термічної обробки. Основними перевагами нітроцементації в порівнянні із звичайною цементацією є: більша швидкість насичення; відсутність сажі в зоні обробки; більш висока зносостійкість; підвищена границя витривалості та інше. Після нітроцементації також проводять гартування і низький відпуск. Твердість поверхневого шару досягає HRC 60–65, а зносостійкість-в два рази більша, ніж при газовій цементації.

Іонноплазмове термоциклічне азотування (ІПТА) відноситься до сучасних і перспективних способів зміцнення поверхонь деталей. Його розроблено інститутом проблем міцності ім. Г.С. Писаренко НАН України і ООО СТІНТЕХ на основі відомого методу вакуумного іонноплазмового азотування (ІПА).

В порівнянні з широко відомими способами зміцнювальної хіміко-термічної обробки сталевих деталей (цементація, нітроцементація, ціанування і газове азотування в печах) метод ІПА має наступні основні переваги:

– більш висока поверхнева твердість азотованих деталей;

– відсутність деформації деталей після обробки;

– підвищення границі витривалості і збільшення зносостійкості оброблe-них деталей;

– можливість обробки „глухих“ і крізних отворів;

– збереження твердості азотованого шару після нагріву до 600–650 ^{0}C;

– можливість обробки виробів необмежених розмірів і форм;

– суттєве зниження собівартості обробки;

– більш низька температура обробки, завдяки чому в деталях не відбуваються структурні перетворення.

Переваги ІПА проявляються і в суттєвих скороченнях основних витрат виробництва. Так, наприклад, у порівнянні з газовим азотуванням у печах, ІПА забезпечує скорочення тривалості обробки у 2–5 разів, скорочення витрат робочих газів у 20–100 разів і електроенергії у 1,5–3 рази, знижує деформацію при обробці настільки, що усуває фінішне шліфування. Твердість поверхні після ІПА досягає HV 1100.

Принцип дії ІПА полягає в тому, що в розрідженому азотвмісному газовому середовищі між катодом (деталлю) і анодом (стінками вакуумної камери) збуджується тліючий розряд. Позитивні іони з високою енергією, бомбардують деталь, нагрівають її і впроваджуються

в неї, що формує при цьому твердий розчин азоту в металі, а при досягненні межі розчинності-нітридні фази. Структура азотованого шару складається з двох зон: зовнішньої-нітридної зони і розташованої під нею дифузійної зони, яка складається з твердого розчину з дисперсними включеннями проміжних фаз.

Плазмова модифікація призначається для підвищення стійкості проти зносу і корозії, твердості поверхонь внаслідок швидкісних хіміко-термічних дій металу з плазмою. При цьому, як показала практика, працездатність деталей підвищується мінімум у 2 рази.

Низькотемпературна хіміко-термічна обробка полягає в отриманні модифікованого шару товщиною 170 мкм на поверхнях пар тертя за рахунок насичення хімічними сполуками, що не впливають на фізичні характеристики і геометричні розміри деталей. Насичення поверхонь відбувається при термообробці деталей з нанесенням хімреагенту (вихідний матеріал-фторирований графіт) при температурі в межах 300 ^{0}С.

Призначається цей метод для підвищення ресурсу пар тертя, підшипників кочення, металорізального інструменту і технологічної оснастки.

3.3. Дифузійна металізація

Серед численних методів дифузійної металізації сталевих поверхонь найбільшого поширення набули процеси *алітування*, *борування*, *хромування*, *силіціювання*, а також *комбіновані методи* (хромоалітування, бороалітування, боросиліціювання і інші). Кожний із методів являє собою процес дифузійного насичення різних елементів (алюмінію, бору, хрому, кремнію та інших) у поверхневі шари сталей, що відбувається при високих температурах нагріву поверхонь оброблюваних деталей.

Алітування може відбуватись або при безпосередньому контакті сталевих деталей з розплавленим алюмінієм, або шляхом утворення летучої алюмінійової сполуки $AlCl_3$ з розкладанням її і виділенням активної частки алюмінію. Піддають обробці цим методом деталі, які працюють при підвищеній температурі (зростає окалиностійкість). Оброблені таким способом деталі з маловуглецевих сталей мають приблизно такі ж властивості, що і деталі з жаростійких сталей. Спосіб використовується й для підвищення антикорозійних властивостей, що

дозволяє замінити цинкування і знизити витрати. Твердість поверхні доходить до HV 500.

Борування полягає в насиченні поверхні бором. Відомі декілька способів газового, рідинного борування і борування в порошкоподібних сумішах.

Газові середовища, що мають бор, більш активні, тому насичення бором у них відбувається інтенсивніше, ніж в інших середовищах і при більш низьких температурах, але цей процес є токсичним і вибухонебезпечним. В якості газового середовища використовується суміш диборану і водню.

До рідинного способу, перш за все, відноситься електролізне борування в розплаві бури при температурі 930–950 ^{0}C. Тут в якості катоду застосовується сама деталь. Анодом слугує попередньо просичений бурою графітовий стрижень.

Більш пізнішою розробкою є процес борування в порошкових сумішах, основною складовою яких є промисловий карбід бору. Глибина борованого шару складає 150–200 мкм для вуглецевих і 90–100 мкм для більшості легованих сталей. Тяжко навантажені деталі потребують термообробки після борування з метою підвищення твердості основи до HRC 45–50.

Борування збільшує окалиностійкість у 1,5–2 рази і значно підвищує кислотостійкість сталей, зростає межа корозійно-втомної стійкості в 1,6–2 рази. Борована сталь володіє підвищеною стійкістю до деяких розплавлених металів. Зокрема борування сталевих труб дозволяє їх використовувати для транспортування розплаву цинку. Крім того, завдяки високій поверхневій твердості (до HB 400), зносостійкості, жаростійкості і стійкості проти дії агресивних середовищ у багатьох випадках можна виготовляти відповідальні деталі не з коштовних високолегованих сплавів, а з низьколегованих і вуглецевих сталей, з обробкою їх дифузійним боруванням. Важливою рисою борованих поверхонь є й те, що вони зберігають твердість при нагріві до 950 ^{0}C.

Деталі, що працюють в умовах інтенсивного зносу при тисках на поверхні тертя більше 1000 МПа і одночасній дії статичних і ударних навантажень, після борування і високого відпуску рекомендується піддавати зміцнюваній обробці — об'ємному чи поверхневому гартуванню.

Дифузійне хромування полягає в розкладі парів хлориду хрому $CrCl_2$ і виділенні активного металевого хрому, який при температурі

950–1050 ^{0}C здатний дифундувати у поверхневі шари сталевої деталі. При цьому змінюються властивості зовнішнього шару деталі. Внаслідок виникнення на поверхні карбід-нітридних і карбідних фаз твердість хромованих деталей підвищується. Підвищується і опір втомленості, зносостійкість, жаростійкість, кислототривкість, опір корозії в азотній кислоті і окислення (окалиностійкість) при високій температурі (800–1100 ^{0}C) [8].

Таким же чином, як при алітуванні й боруванні, дифузійне хромування може здійснюватись у порошках, обмазках та газових середовищах.

Силіціювання полягає в насиченні сталей кремнієм шляхом витримання деталі в суміші грудочок феросиліцію і шамоту при температурах не менше 1100 ^{0}C чи шляхом пропуску хлору через феросиліцій і подачі отриманих складових з $SiCl_4$ на деталь при температурі 900–1200 ^{0}C.

Деталі, що піддавались цій обробці, володіють високою корозійною стійкістю і твердістю при добрій пластичності.

Сульфідування являє собою спосіб створення тонкої плівки сульфіду заліза (хімічна сполука металу з сіркою). Сульфідуванню підлягають поверхні тертя деталей після остаточної механічної обробки. Здійснюють його в твердих, газових і рідких середовищах при температурі 175–205^{0}C (низько температур-ний спосіб) і 560–580^{0}C (високотемпературний спосіб).

За рахунок сульфідування зносостійкість деталей збільшується у 1,5–4 рази, а в деяких випадках — у 6 разів.

Сульфоціанування — дифузійний процес насичення деталей одночасно сіркою, азотом і вуглецем. Шар, що містить сполуки сірки, прискорює приробітку пар тертя, покращує адсорбцію мастила (насичення ним тонких поверхневих шарів металу) і запобігає схоплюванням і задирам, а шар карбід-нітридних фаз і нітридів забезпечує довготривале збереження високої зносостійкості і добру приробітку поверхонь тертя.

3.4. Захисно-зміцнювальні покриття і напилення

Поряд із традиційними методами нанесення покриттів (гальванічними і хімічними: хромування, нікелювання, міднення, борування і інші) можуть застосовуватись нові методи, на розгляді яких і зупинимось.

Фінішне плазмове зміцнення (ФПЗ-„ФПУ“) (розробник ПЛАЗМО-ЦЕНТР, Росія) являє собою безвакуумне поверхневе зміцнення інструментів, штампів і деталей машин з нанесенням аморфного зносостійкого нанопокриття товщи-ною 3–4 мкм без змінення шорсткості поверхонь при нагріванні деталей менше 100 ^{0}С. Нанесене покриття має твердість близьку до алмазу, захищає від окислення, є твердим мастилом, протидіє схоплюванню, створенню наро-щень, задирів, глибинному вириванню матеріалу, забезпечує легкий зйом виро-бів при пресуванні, є ефективним засобом проти втомного викришування.

Збільшення тривалості деталей пов’язане зі зменшенням коефіцієнта тертя. Для звичайних пар тертя він складає: бронза по бронзі — 0,2; чавун по чавуну — 0,16; фторопласт по фторопласту — 0,05. В той же час коефіцієнт нанесеного нанопокриття при ФПЗ по сталі Р6М5 складає 0,06. Покриття є хімічно інертним і взаємодіє тільки з плавиковою кислотою.

Після ФПЗ кардинально змінюється топографія поверхонь і заліковуються її мікродефекти. При цьому висотні параметри шорсткості зменшуються, що відбивається на зменшенні кількості викрошуваних виступів профілю. Також у поверхневому шарі наводяться стисні залишкові напруження, які забезпечують умови заліковування мікротріщин, що протидіє руйнуванню від втомленості. Нанопокриття є і ефективним засобом проти водневого зношування.

Мікродугове оксидування (МДО) є процесом електрохімічного окислення поверхневого шару деталей з алюмінієвих сплавів у сполученні з електро-розрядними явищами на межі анод-електроліт, завдяки чому на поверхні створюється міцний і твердий керамічний шар оксиду алюмінію товщиною 0,05–0,30 мм. Покриття являє собою композиційний матеріал з ділянками високотвердої фази у матриці менш твердих складових.

Застосовується МДО для зміцнення торцевих ущільнень, осьових і радіальних опор підшипників ковзання, багатосекційних насосів, деталей трибосполучень та інших.

Плазмово-електроннопроменева обробка відбувається в два етапи. На першому етапі відбувається газотермічне (плазмове) напилення (див п.2.3) шляхом нанесення шару зносостійкого покриття. На другому етапі цей шар оплавляється електронним променем. Оплавленню сприяє металевий зв’язок шару покриття з основним металом. Технологія (інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона) дозволяє,

при необхідності, наносити багатошарові покриття. При цьому внутрішній шар (чи шари) приймає на себе дію термонапружень, гасить циклічні чи знакозмінні навантаження, що забезпечує тим самим зовнішньому робочому шару сприятливі умови експлуатації. Даний спосіб є універсальним, тобто може застосовуватись як для відновлення геометрії, так і підвищення фізико-механічних властивостей деталей. Перевагою способу є те, що він дає можливість наносити шари покриття з будь-яких металів.

Електролітно-плазмова термоциклічна обробка. Тут плазма створюється внаслідок нагріву електроліту на основі води. Цим же електролітом здійснюється охолодження (гартування) зміцнюваної деталі. В залежності від режиму нагріву, складу електроліту, конструктивних параметрів обладнання цим методом можна здійснювати гартування, термоциклічну і хіміко-термічну обробки, мікродугове оксидування і очищення поверхні деталей від забруднення. Важливим моментом методу є те, що відбувається обробка тільки зношуваних поверхонь деталей без витрат на нагрів інших поверхонь. В залежності від режиму обробки зміцнений шар має твердість 7–12 ГПа і товщину від 0,1 до 10 мм.

Технологія (розробник-інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона) призначається для зміцнення деталей, що працюють в умовах абразивного та інших видів зношування. Працездатність оброблених цим методом деталей підвищується у 2–3 рази.

3.5. Зміцнення деталей методами поверхневого пластичного деформування

Найбільш поширеними методами ППД є: обкатка роликами і кульками, чеканка; електромагнитне динамічне зміцнення; наклеп (ротаційний, дробоструменевий, турбодинамічний); вигладжування, термомеханічна і електромеханічна обробка; зміцнення енергією вибуху. Всі ці методи детально висвітлені в роботі [8]. Тому зупинимось лише на описі найбільш характерних рис цих методів.

Перевагами ППД, з погляду на технологічність, вважається мала трудомісткість та відсутня необхідність застосування термічних методів зміцнення, яким властиві низки недоліків. ППД може застосовуватись для зміцнення деталей зі сталі, чавуна, алюмінієвих, магнієвих і титанових сплавів, латуні, бронзи, твердих сплавів та ін., що також є його позитивом. Використовуючи ППД, можна суттєво підвищити міцність недорогих металів і уникнути застосування дорогих сталей.

Дуже суттєве підвищення міцності при втомленості досягається в деталях з концентраторами напружень.

До основних напрямів використання ППД відносяться:

– підвищення зносостійкості деталей, що працюють у рухомому контакті;

– підвищення міцності деталей проти втомленості, особливо з конструктивними концентраторами напружень, що підлягають дії різних зовнішніх факторів;

– покращення якості поверхні деталей і чистова їх обробка з одночасним зниженням інтенсивності зношування і підвищення стійкості проти втомленості.

ОБКАТУВАННЯ РОЛИКАМИ І КУЛЬКАМИ

Зміцнення роликами і кульками (рис. 2.26, а, б) здійснюється вільно обертальним роликом чи кулькою, які притискуються до оброблюваної поверхні. Внаслідок пластичної деформації відбувається наклеп поверхневого шару деталі, виникають залишкові напруження стискання, зміцнюється структура і підвищується твердість. Відбувається також зім'яття виступів на поверхні, які залишились від попередньої механічної обробки, і заповнення впадин, що підвищує чистоту поверхні і зменшує діаметр деталі на величину зім'яття. Обкатування, як правило, здійснюється на токарних чи токарно-револьверних верстатах. При цьому деталь закріплюється в патроні, а інструмент обкатування на каретці різцетримача.

Змінення розмірів деталей при обкатуванні залежить від властивостей металу деталі, зусилля обкатування, подачі, діаметра і ширини циліндричного пояска ролика і діаметра кульки. Кульки використовуються стандартні, твердість яких має перевищувати твердість оброблюваного матеріалу. Загартовані сталі рекомендується обкатувати кульками твердістю HRC 63–65.

Режим обкатування вважається правильним, якщо підвищення твердості складає 24–40% і глибина наклепу складає 0,02–0,04 діаметра деталі. Для зниження сил тертя і за рахунок цього підвищення ресурсу робочого інструменту обкатування рекомендується проводити з використанням мастил (наприклад, мастило індустріальне 20 і його суміш з 2–3% олеїнової кислоти).

НАКЛЕП МЕХАНІЧНОЮ ЧЕКАНКОЮ

Процес здійснюється за допомогою механічного, пневматичного чи електромеханічного пристосувань (рис 2.26, в, г) шляхом нанесення ударів по зміцнюваній поверхні інструментом різної форми. Внаслідок пластичних деформацій змінюється якість поверхні, створюється залишкове напруження стискання, підвищується твердість на 30–50% і несуча здатність деталей. Для досягнення меншої шорсткості поверхні після чеканки рекомендується передбачати механічну обробку на глибину до 0,5 мм. Частота коливань інструменту і частота обертання деталі підбираються таким чином, щоб наклепані ділянки поверхні перекривались.

Найпростішим для здійснення процесу чеканки є застосування звичайних пневматичних молотків, які закріплюються в різцетримачі токарного верстату. Частота ударів при цьому складає 1000–1300 за хвилину, енергія удару — 30–45 Н·м.

ВІДЦЕНТРОВО-КУЛЬКОВИЙ НАКЛЕП

Процес ґрунтується на використанні відцентрової сили сталевих кульок діаметром 7–12 мм, які вільно рухаються у гніздах спеціальних пристосувань, що обертаються зі швидкістю 20–40 м/с над оброблюваною поверхнею (рис 2.26, д). Зустрічаючи на своєму шляху поверхню деталі, яка рухається назустріч кулькам із швидкістю 30–90 м/хв, кожна кулька з силою вдаряє по поверхні, що призводить до наклепу і згладжування цієї поверхні. Глибина наклепу м’яких матеріалів 0,8–1,5 мм, а матеріалів середньої твердості — 0,4–0,8 мм.

В якості обладнання можуть застосовуватись токарні, шліфувальні та інші верстати.

РОЗКАТУВАННЯ ОТВОРІВ РОЛИКАМИ

Процес побудований на проштовхуванні калібрувального інструменту з деяким натягом через попередньо прорізаний (просвердлений) отвір (рис. 2.26, е). Розкатування отворів частіше виконують на токарних, токарно-револьверних і свердлильних верстатах. Робочий рух надають деталі чи розкатці з їх відносним переміщенням вздовж осі деталі. Внаслідок розкату-вання покращується чистота поверхні, змінюється на краще структура, підвищуються механічні і експлуатаційні властивості.

ДОРНУВАННЯ

Процес дорнування базується в проштовхуванні калібрувального інструменту з деяким натягом через попередньо оброблений отвір, внаслідок чого виникають значні пластичні деформації (рис. 2.26, ж). При цьому змінюються шорсткість поверхні і фізико-механічні властивості матеріалу, забезпечується висока точність розмірів отворів.

При дорнуванні під впливом нормального тиску і сил тертя створюється складний напружений стан. Тут має місце пластичне деформування попереду дорну і значний підйом металу над поверхнею недеформованого отвору.

Зовнішнє тертя при русі дорну по отвору викликає в поверхневих шарах металу додаткові зрушення, які також впливають на появу додаткових залишкових напружень і наклепу. Пластично деформований при цьому шар металу отвору буде перешкоджати поверненню у вихідний стан залишкових пружньо-деформованих шарів. Внутрішні напруження стискання будуть підвищувати опір отвору внутрішнім тиском. Таким чином, загальна картина помітно відрізняється від деформацій і напружень, специфічних для інших процесів зміцнення.

Дорни виготовляють зі сталей тих же марок, з яких виготовляють ролики для обкатування, з гартуванням до HRC 62–65.

Продуктивність дорнування значно перевищує методи чистового оброблення, адже операція виконується за один прохід при швидкості дорну від 1 до 10 м/хв.

ДРОБОСТРУМЕНЕВИЙ НАКЛЕП

Дробоструменева обробка проводиться на пневматичних чи механічних дробометах. В першому випадку дріб рухається під дією стисненого повітря (рис. 2.26, з), в другому — під дією відцентрової сили, що виникає в швидко обертальних барабанах (роторах).

Кращими показниками володіє сталевий дріб. Якість дробу зазвичай характеризується його динамічною міцністю, тобто властивістю витримувати удари об оброблювану поверхню і не руйнуватись. Практикою доведено, що витрати сталевого дробу в 30–60 разів менші, ніж чавунного.

Дробоструменеву обробку широко застосовують для зміцнення наступних деталей: ресор, пружин, торсійних валів, зубчастих передач

та інших деталей складної форми (свердл, пуансонів, штампів, вкладишів підшипників, мембран, шарошок і т. п.). Крім того, цей метод використовується і для зміцнення зварних швів.

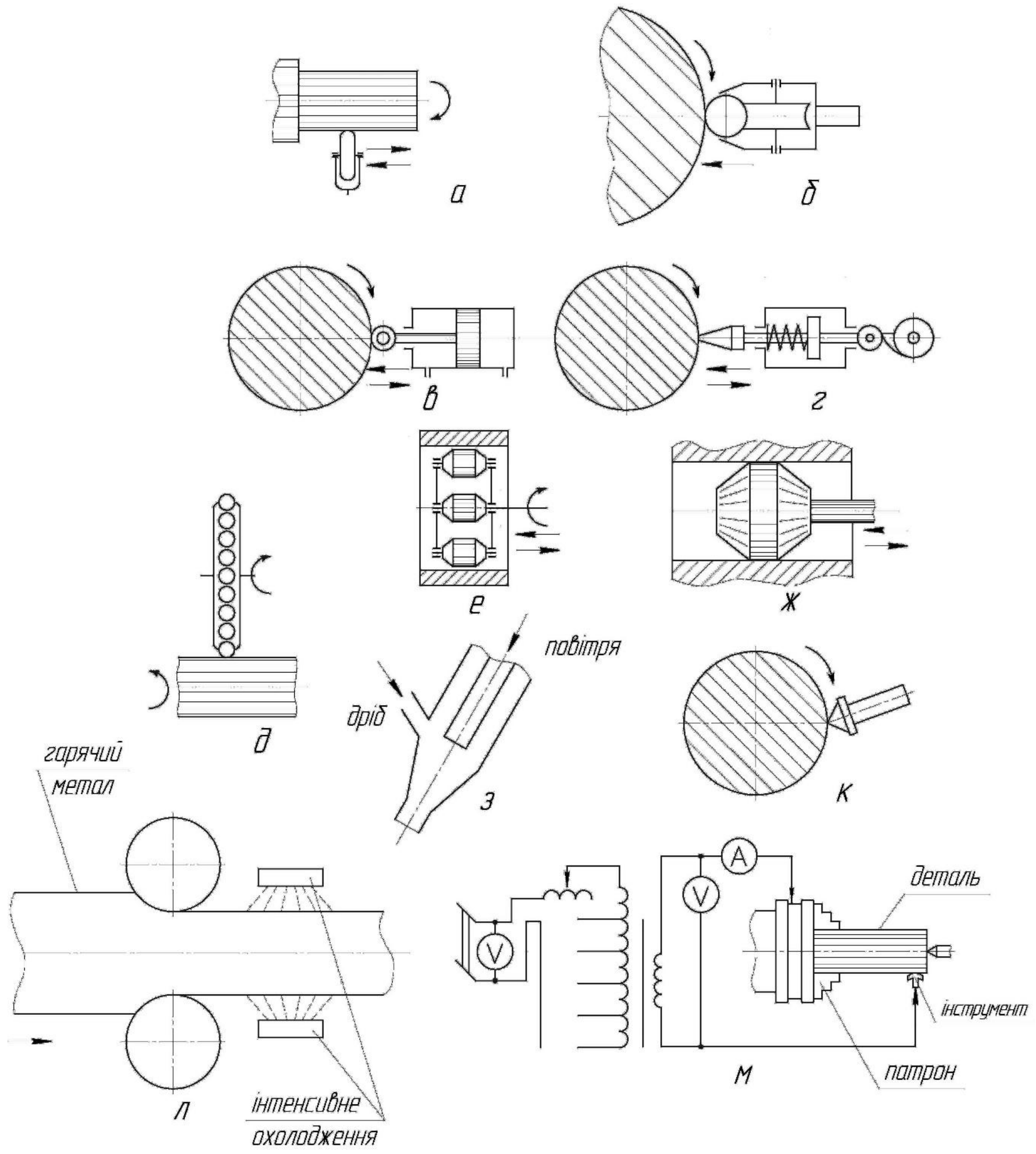


Рисунок 2.26

Схема зміцнення деталей методами поверхневого пластичного деформування

Застосування дробоструменевої обробки підвищує границю втомленості при симетричному згині у деталей без концентраторів напруження на 20–30%, а у деталей з концентраторами напружень — на 40–60%.

АЛМАЗНЕ ВИГЛАДЖУВАННЯ

При алмазному вигладжуванні деформувальним інструментом слугує кристал алмазу, закріплений в спеціальній оправці (рис. 2.26, к). Тиск при вигладжуванні створюється через тарирувальну пружинку і складає 50–300 Н, що значно менше, ніж при обкатуванні кульками. Крім високої твердості алмаз володіє низьким коефіцієнтом тертя по металу і високою теплопровідністю. Робочий інструмент встановлюється у різцетримачі верстатів. Вигладжування проводять з подачею від 0,02 до 0,1 мм/об. У виробничій практиці його здійснюють зі швидкістю 20–200 м/хв., тут швидкість обмежується допустимою контактною температурою і виникненням інтенсивних вібрацій.

ТЕРМОМЕХАНІЧНА ОБРОБКА

Цей спосіб поєднує операції пластичної деформації і термічної обробки (рис.2.26, л). При застосуванні термомеханічної обробки конструкційних легованих сталей досягають наступних механічних властивостей: $\sigma_в$= 2500–3000 Н/мм^2, δ = 6–8 %, в той час, як при звичайному гартуванні з наступним низьким відпуском в цих сталях $\sigma_в$= 2000–2200 Н/мм^2, а показники пластичності мають більш низькі значення.

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА ОБРОБКА

Сутність методу полягає в тому, що при контакті інструменту з деталлю через них проходить струм великої сили і низької напруги, внаслідок чого виступні гребінці поверхні деталі піддаються нагріву до високої температури і під дією інструменту деформуються і згладжуються (рис. 2.26, м). При цьому суміщується пластичне деформування з обкаткою роликом з тепловою дією електричного струму на поверхню, що підлягає зміцненню. Внаслідок такого суміщення поверхневий шар різко змінює свою структуру, твердість, внутрішні напруження, опір зносу і жорсткість. Обробку здійснюють на токарних верстатах з електроконтактним пристроєм у патроні й індикаторним пристроєм на супорті верстату.

Перевагою методу перед іншими методами є можливість обробки не тільки сталевих, але й чавунних деталей.

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ВИБУХОМ

Цим методом підвищують зносостійкість, твердість поверхневого шару, статичну і втомну міцність, покращують якість поверхневого шару металу.

Зміцнення вибуховими імпульсними навантаженнями оброблюваних поверхонь суттєво відрізняється від зміцнення у звичайних умовах. При ударах, які відбуваються при надзвичайно великих швидкостях, що властиве вибуховій дії, ефект зміцнення очевидний.

Основним джерелом енергії при зміцненні є гексоген і тротил. В якості передавальних середовищ енергії використовується повітря, вода та інші інертні речовини.

3.6. Ремонтно-відновлювальні сполуки. Нанотехнології

На даний час створено десятки типів ремонтно-відновлювальних сполук, серед яких найбільш відомі наступні сполуки: „СУРМ“, Practex, „Ормекс“, „Стрийбол“, HADO, Nanoprotec (Нанопротек), Suprotec (Супротек), Nanovit (Нановіт), „Реагент 2000“ та інші.

„СУРМ“ (російською — *средства увеличения ресурса машин*) являє собою антифрикційну композицію, яка має декілька модифікацій і яка застосовується в якості додатків до мастил. Додатки містять комплексні металоорганічні сполуки на основі солей полівалентних металів (цинк, алюміній, сурма і інші) та органічних речовин, що забезпечують несамовільне відновлення іонів металів на поверхнях тертя, внаслідок чого реалізується фізичний ефект — „ефект беззношування“. Ці металоорганічні сполуки перебувають у мастилах у вигляді справжніх розчинів, завдяки чому досягається як мінімальність, так і постійність розмірів часток діючої речовини — одна молекула. Відновлювачі „СУРМ“ також містять комплексні металоорганічні сполуки, але розподілення часток в діючій речовині від однієї молекули до декількох мікрон.

Головним призначенням „СУРМ“ є покращання триботехнічних характеристик спряжень двигунів внутрішнього згорання. Проте, як зазначають розробники „СУРМ“, його можна застосовувати з успіхом і в іншому обладнанні при наявності поверхонь тертя.

Загалом же додатки призначаються для процесу припасування рухомих з’єднань, усунення задирів за рахунок утворення в зонах тертя високоміцних металоорганічних покриттів. Товщина покриття саморегулюється в залежності від стану сполучень.

На увагу, перш за все, заслуговують наступні модифікації „СУРМ“. *„СУРМ-5Н“* — цей додаток призначається для збільшення ресурсу сполучень черв'ячних редукторів, а також для тріад тертя „бронза-мастило-сталь”. Додаток містить комплексні металоорганічні сполуки, за рахунок яких під дією енергії тертя на поверхні сполучень утворюються тривкі, високоміцні покриття, що компенсують знос. Покриття володіють підвищеними антифрикційними, протизносними і протизадирними властивостями. Реалізований ефект беззношування в сполученнях ґрунтується на явищі несамовільного відновлен-ня іонів металів на металевих поверхнях. Товщина плівки саморегулюється в процесі роботи, а сам додаток повністю розчиняється у мастилах. Внаслідок застосування додатків у мастила збільшується ресурс роботи рухомих сполучень у 1,5–2 рази.

Додаток вводиться в рідке чи пластичне мастило з розрахунку 4–5 % від об'єму мастила в системі (40–50 мл на 1л мастила).

„СУРМ-ГС” додається в масло гідросистем, внаслідок чого в зоні контакту робочих поверхонь гідроелементів за рахунок енергії тертя створюється дуже міцне антифрикційне, протизносне покриття, що компенсує знос і знижує силу тертя. Додаток вводиться у мастило з розрахунку 1,5% від об'єму мастила в гідросистемі (15 мл на 1 кг мастила).

„СУРМ-П“ додається в пластичне мастило (літол, циатім та інші), яким заправляються підшипники кочення. Внаслідок цього термін служіння підшипників кочення і ковзання зростає у 3–5 разів, збільшується пластичність мастил в 1,5–2 рази.

„СУРМ-ПМ“ додається у мастила підшипників, які працюють в умовах підвищеного абразивного зносу і температури. При цьому термін служіння підшипників зростає у 2–3 рази.

Проте фахівцями з автомобілебудування виявлено і певні недоліки „СУРМ“ та інших сполук („РВС“, „ХАДО“, „НИОД“, „ФОРСАН“). Зокрема, при застосуванні цих сполук у парах тертя з різними механічними властивостями спостерігається простий абразивний знос, при якому частки мінералів впроваджуються у м'які поверхні, що порушує їх структуру і погіршує умови формування мастильних шарів. При цьому також відбувається неоднакове зношування різнорідних пар. До недоліків цих сполук фахівці відносять непрогнозованість наслідків від їх застосування та нестабільність в якості продукції.

Practex, на погляд його розробників (відгуки споживачів відсутні) займає лідерство серед відомих сполук, які відрізняються низкою переваг:

– він практично не є присадкою до мастил;
– сумісний з будь-якими паливно-мастильними матеріалами;
– діє безпосередньо на метал у парах тертя, які не змінюють властивостей мастила;
– дозволяє мінімізувати контакт „метал-метал“, і таким чином синтезує в місцях контакту наношар високомолекулярних силікатів — матеріалу з унікальними фізико-механічними властивостями;
– відновлює і зміцнює поверхню, призупиняє знос пар тертя;
– відрізняється підвищеною міцністю і тривкістю;
– не містить тефлону, графіту, молібдену, міді та інших плакувальних речовин;
– відпрацювання здійснюється в режимі штатної експлуатації;
– екологічно чистий, безпечний для людини та інше.

Важливою рисою цієї сполуки, що дійсно виділяє її від інших, є відсутність, перш за все, тих елементів, що не забезпечують захист металу від атомарного водню, оскільки не створюють умов для його зв'язування без утворювання гідридів з металами, тобто не запобігають водневій крихкості поверхневого шару металу.

Наномодифікатор „Стрийбол“ являє собою багатокомпонентну нанодисперсну структуру, що суміщається з усіма типами технічних мастил і пластичних мастил (також й імпортних). Обробка механічних вузлів і агрегатів здійснюється без їх зупинки і розбирання. Присутність модифікатору в зонах інтенсивного тертя, навіть у невеликій кількості (долі граму), призводить до створення модифікованої нанорозмірними структурами міцної плівки. Плівка компенсує знос матеріалу поверхонь деталей , знижує шорсткість і в той же час утримує мастило на поверхні тертя, яким забезпечуються більш комфортні умови роботи, що сприяє збільшенню тривкості деталей. Товщина плівки, яку вважають „інтелектуальним” матеріалом, залежить, головним чином, від стану поверхонь тертя і досягає розмірів від 1-го до 100 мкм.

Проте „Стрийбол”, як і інші відновлювальні сполуки, основним напрямом застосування має автомобільні двигуни, таким чином вони потребують додаткових досліджень, перш ніж отримати широке застосування для відновлення металургійного обладнання.

„Реагент 2000“ є на сьогодні найбільш відпрацьованим для промислового використання щодо відновлення форми зношуваних поверхонь і їх захисту від зносу. Протягом 20 років ця розробка була засекреченою, оскільки застосовувалась виключно у військово-промисловому

комплексі. І лише в дев'яностих роках вона була розсекречена, запатентована і почала успішно використовуватись у народному господарстві Росії і у промисловості інших країн (США, Китай, Чехія та інші).

Захисно-відновлювальний комплекс „Реагент 2000" здатний запобігти хімічному руйнуванню металу, відновити і підвищити міцність ділянок металу, що піддається руйнівній дії атомарного водню, який виділяється при роботі деталей у середовищі мастил і масел. Одночасно „Реагент 2000" захищає поверхню деталей від тертя, що усуває їх виробітку і нормалізує технологічні зазори.

Основу твердості утвореного покриття складають спеціальним методом підготовлені ультрадисперсні алмази (УДА) і фулеріди. УДА, фулеріди, мінерали і метали-каталізатори, з'єднані між собою органічними зв'язками, являють собою багатошарову пористу структуру. Покриття „вживляється" в метал, стає частиною поверхні деталі і не змивається при заміні масел (мастил). Оскільки алмаз є найтвердішим мінералом, покриття має високу зносостійкість.

Органічні зв'язки в момент розширення чи стискання металу відіграють роль амортизатора, завдяки чому покриття еластичне і не руйнується при тепловому розширенні металу і при екстремальних перевантаженнях. Одночасно з надзвичайно високою міцністю покриття володіє ще і наднизьким коефіцієнтом тертя. Якщо коефіцієнт тертя метала по металу в маслі складає 0,15–0,17, то в цьому покритті — лише 0,003–0,007, що в 30–50 разів менше. При цьому енергія, яка раніше витрачалась на подолання сил тертя, вивільнюється і починає виконувати корисну роботу.

Вкрай важливою рисою покриття є те, що при екстремальних умовах експлуатації (втрата мастила, охолоджуваної рідини, перегрівання, запуск машини при дуже низьких температурах і т. п.) захисно-відновлювальне покриття, сформоване „Реагентом 2000", дозволяє віддалити чи попередити відмови деталей.

Покриття формується виборчо і володіє здатністю до саморегулювання, тобто його товщина нерівномірна: воно товще там, де деталь більш зношувана, оскільки інтенсивність формування покриття залежить від навантажень, що виникають на поверхнях контактуючих деталей (чим більше навантаження, тим інтенсивніше формується покриття).

Отже „Реагент 2000" на сьогодні є одним із найефективніших методів відновлення поверхонь та їх захисту від зносу.

3.7. «Живий метал»

„Живий метал“ фактично являє собою процес вакуумної конденсації, розроблений інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона. Суть цього процесу полягає в тому, що метал чи його сполуки — борід, карбід, оксид — випаровуються у вакуумі, внаслідок чого створюється молекулярний чи атомарний пучок — направлений потік пари, який конденсується на поверхні деталі, утворюючи тонку, добре зчеплену з поверхнею плівку. А при нинішніх можливостях і наявності електронно-променевих нагрівачів є можливість частки конденсату, наприклад, металу і його тугоплавкої сполуки, перемішувати як завгодно тонко і отримати матеріал, в якому на один атом металу прийдеться одна молекула сполуки, десять молекул, сто, тисяча і т. д. Цього неможливо досягти будь-яким іншим способом. Отже при цьому способі виникають необмежені можливості конструювати матеріали з надзвичайними характеристиками, що навіть властиві живій матерії. Звідси спосіб і отримав назву „живого металу“.

Наведемо деякі особливості в застосуванні цього способу. Відомо, що універсальних покрить на сьогодні немає: один метал жаростійкий, другий володіє високою твердістю, третій стійкий проти дії агресивних середовищ і т. д. В той же час спосіб дозволяє з молекулярних пучків формувати багатошарове покриття, яке складається з найтонших шарів різних складових. Це буде являти собою глибоко ешелонований засіб проти дії зовнішнього середовища. При цьому жар зруйнує перший шар, наступний виявиться тяжким бар’єром для розпеченого агресивного газу, потім почне „працювати“ зносостійке покриття. А оскільки шари дуже тонкі, практично кожному руйнівному фактору (температурі, корозії, зносу) будуть неперервно протидіяти все нові і нові перепони.

Крім володіння надзвичайно високими хімічними і фізико-механічними властивостями спосіб здатен „заживляти рани“ (зарощувати тріщини в металах) і „потіти“, знижуючи при цьому перегрів, що властиво тільки живим організмам. Отже недаремно розробки інституту електрозварювання отримали назву „живого металу“ і за ними велике майбутнє.

Розділ 3
Ремонт типових вузлів і деталей

На металургійних підприємствах використовується найрізноманітніше механічне і технологічне обладнання. Загальні ж (за призначенням) для різних машин деталі називають типовими. До них можна віднести корпусні (базові) деталі, вали, осі, втулки, підшипники, зубчасті колеса, шпонкові і шліцьові з'єднання, муфти, ущільнювальні пристрої та інші.

В попередньому розділі досить детально висвітлено різноманітні методи ремонтно-відновлювальних робіт переважно в загальному плані, хоча окремі питання стосувались безпосередньо конкретних типів деталей. Тому в цьому розділі зупинимось на розгляді лише деяких аспектів ремонтних робіт, характерних лише для конкретних деталей, і більш того, деталей приводної частини машин.

1. РЕМОНТ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

Корпусні деталі металургійних машин являють собою відливки, зварні чи зварнолиті конструкції (станини, корпуси, плити, рами і інше). На них, зазвичай, монтують складальні одиниці і деталі, які повинні з'єднуватись з великою точністю. Тому їх ремонт проводять з належною старанністю, щоб при складанні не порушити їх положення.

Під час їх експлуатації під дією надмірних навантажень, вібрації і температурних перепадів частіше утворюються тріщини, розриви зварних чи клепаних швів, відколи та інше.

Зустрічаються два випадки: у першому поява тріщин призводить до втрати міцності деталі, у другому з'являється витік рідини. Проте в обох випадках, хоча і будуть застосовуватись для них різні методи ремонту, виникає необхідність встановити точні границі поширення тріщин і розривів. Для цього, як вже говорилось раніше, застосовується традиційний метод, при якому змащують поверхню деталі гасом з наступним протиранням і покриттям крейдовим розчином. Гас, що проник в тріщини, виступає на крейдову поверхню і створює на ній чітке зображення тріщини. Для виявлення тріщин у сталевих деталях, що піддаються намагничуванню, застосовують магнитний метод, при якому деталь намагничують за допомогою спеціальних апаратів, а по-

тім покривають металевою тирсою. Вони, розташовуючись вздовж тріщини, визначають її форму і розміри. Проте більш зручним для здійснення є люмінесцентний метод, який побудовано на явищі флуоресценції, тобто на властивості деяких речовин — люмінофорів світитись після опромінення ультрафіолетовими, рентгенівськими чи гамма-променями. Більш зручним і безпечним є опромінення ультрафіолетовими променями. Для цього існують як портативні (наприклад ультрафіолетовий ліхтарик „Микрокон УФ-101/УФ-102“), так і стаціонарні (наприклад, „Микрокон УФ-301“) освітлювачі. Особливо зручним є користування ліхтариками, що дозволяють виявляти тріщини в умовах важкого доступу до контрольованої поверхні чи неможливості підводу електроживлення. Обробка поверхні, на якій розташовується тріщина, проводиться спеціальними аерозолями в балонах.

Після виявлення меж тріщини для попередження її розвитку по її краям засвердлюють отвори, діаметром 5–6 мм (в окремих випадках вони можуть бути іншими), а потім по всій довжині виконують скоси чи фаски різної форми в залежності від товщини і типу зварюваного металу.

Для відновлення герметичності (для усунення протікання рідин) може використовуватись або звичайне електро- і газове зварювання, або холодне зварювання за допомогою металополімерів. Технологія останнього детально описана в попередньому розділі. Тому розглянемо лише традиційні методи зварювання з особливостями зварюваних металів.

Для отримання високоякісного шва місця зварювання старанно очищують від іржі та бруду металевими щітками чи абразивними кругами. Поверхні, що покриті мастилом, знежирюють шляхом прокалювання газовими пальниками чи паяльними лампами, або ж промивають бензином (і іншими розчинниками) і підсушують. Фаски знімають обов'язково до здорового металу чи накрізь з утворенням зазору в 2–3 мм (рис. 3.1). При товщині металу до 6 мм фаски не виконуються.

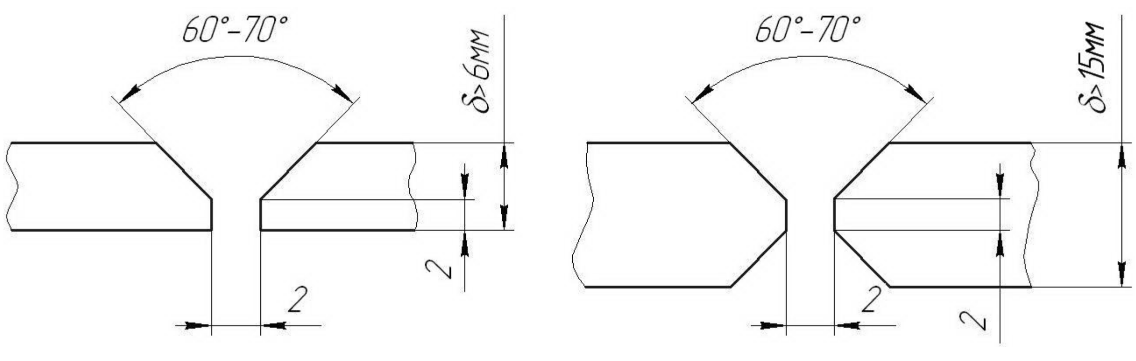


Рисунок 3.1
Схема нанесення фасок

Зварювання належить розпочинати з просвердлених отворів до кінця тріщин. Щоб запобігти утворенню тріщин у зварних швах рекомендується підігрівати деталі перед зварюванням. Це стосується, перш за все, випадків при усадці великих об'ємів розплавленого металу.

Технологія зварювання залежить від виду зварюваних деталей. Найбільш поширеними матеріалами, що використовуються для виготовлення корпусних деталей, є сталь і чавун.

При великій товщині сталевих деталей шов накладають у декілька шарів. Електрична дуга у цьому випадку повинна бути, по можливості, короткою, адже чим вона довша, тим гірша якість шва. А для запобігання появи внутрішніх напружень, нових тріщин і коробления деталей під час зварювання рекомендується робити перерви для охолодження зварюваних деталей і вибирати певний порядок накладування швів. При зварюванні також рекомендується підігрівати сусідні ділянки.

Ремонту зварюванням краще піддаються деталі, виготовлені з маловуглецевих сталей. Сталі з середнім вмістом вуглецю (0,35–0,40%) мають задовільну зварюваність, а деталі, виготовлені зі сталей, що вміщують більше 0,45% вуглецю, відновлюються зварюванням з певними утрудненнями. Особливо великі труднощі виникають при зварюванні деталей, виготовлених зі сталей, що мають вміст вуглецю більше 0,7%, і легованих. Зварювання цих деталей можна здійснювати без попереднього підігріву деталі (холодне зварювання) чи з підігрівом до температури 650–850 ^{0}С (гаряче зварювання). Кращі результати дає гаряче зварювання, яке й слід застосовувати при ремонті відповідальних деталей.

Для зниження внутрішніх напружень застосовують нагрів деталей, якщо це можливо, до і після зварювання, а роботи виконують у теплому середовищі без протягів.

В попередньому розділі наведено рекомендації стосовно вибору діаметрів і марок електродів з урахуванням товщин зварюваних деталей і марок сталей (Розд. 2 п. 2.6).

Напротивагу сталям, чавун відноситься до групи складно зварюваних металів і сплавів. Основними факторами, що ускладнюють зварювання, є: утворювання тріщин у відбіленній зоні в процесі й після зварювання, висока рідинна плинність, відбілювання чавуну внаслідок вигорання кремнію і утворення його тугоплавких оксидів.

Чавун зварюють електродуговим зварюванням металевим і вугільним електродами, газовим зварюванням, термітним зварюванням і

заливанням рідким чавуном. Зварюють чавун у гарячому і холодному стані (тобто з підігрівом і без нього).

Гаряче зварювання здійснюють після попереднього підігріву до температури 500 — 800^{0}С. Воно може бути виконано ацетилен-кисневим полум'ям, як найбільш ефективний спосібом, чи електродуговим зварюванням. Ацетилен-кисневе зварювання проводять нейтральним або легко збагаченим ацетиленовим полум'ям, застосовуючи відповідні розміри наконечників. В якості присадного матеріалу застосовують чавунні прутики марок А і В, хімічний склад яких наведено в табл. 3.1.

Зварювання ведуть з застосуванням флюсів, що складаються з суміші бури з борною кислотою чи бури з содою при співвідношенні компонентів 1:1. Охолодження звареної деталі повільне.

При електричному зварюванні вугільними електродами застосовують ті ж присадні матеріали і флюси, що і при газовому. В якості чавунних електродів використовуються прутики марок А і Б зі спеціальними покриттями. Зварюють змінним чи постійним струмом прямої полярності.

Таблиця 3.1 — *Хімічний склад чавунних електродів*

Марка чавунного прутика	Вуглець, %	Кремній, %	Марганець, %	Фосфор, %	Призначення
А	3,0–3,6	3,0–3,5	0,5–0,8	0,2–0,5	Для газового зварювання і для стрижнів електродів при гарячому зварюванні.
Б	3,0–3,6	3,6–4,8	0,5–0,8	0,3–0,5	Для стрижнів електродів при гарячому, холодному і напівхолодному зварюванні.

Гаряче зварювання, зазвичай, застосовують при ремонті деталей складної форми, коли необхідно отримати щільний, міцний і легко оброблюваний шов.

Холодне зварювання має обмежене застосування через утворення дуже твердих, загартованих ділянок у перехідних зонах та шві, а це вкрай негативно проявляється при динамічних навантаженнях. Його виконують (при електрозварюванні) сталевими, чавунними і біметалевими електродами. В склад обмазок електродів входять речовини, що активно вступають в сполуку з вуглецем і утворюють стійкі карбіди, які не розчиняються в залізі. Зварювання чавунними електродами виконують стрижнями з прутиків А і Б зі спеціальним покриттям. Зварювання біметалевими електродами застосовують для заварювання невеликих тріщин на деталях з тонкими стінками. Використовуються три типи електродів: залізо-мідні (10–30% заліза і 70–90% міді), нікель-залізні (30–40% нікелю і 60–70% заліза), мідь-нікельові (25–40% міді і 60–70% нікелю). Міцність зварної сполуки складає 70–80% від міцності основного металу [39].

При газовому зварюванні чавунних деталей в якості присадного матеріалу використовується латунь чи бронза зварювальні з вмістом міді 56–62%, цинку 38–41%, свинцю 1–3,5%, заліза 0,7–1%, марганцю 0,5–0,8% і нікелю 0,3–0,8% [39].

Відомий також спосіб відновлення деталей розплавленим (рідким) чавуном, який заливають у попередньо підготовлену тріщину чи раковину до тих пір, поки не розм’ягчаться крайки і стінки дефектного місця деталі. Після цього заливання закінчують, а метал, що залишився в тріщині, застигає і відновлює деталь. Для запобігання появи внутрішніх напружень при заливанні деталь підігрівають до 800–900 ^{0}C, а температура розплавленого чавуну має бути не нижче 1400 ^{0}C. Після заливання деталь повільно охолоджується з застосуванням термоутримувальних пристосувань.

З наведеного матеріалу виходить, що ремонт і відновлення деталей традиційними методами є складною справою. Тому там, де тільки можливо, слід застосовувати нові технології з використанням металополімерних матеріалів, які в багатьох випадках не тільки не поступаються традиційним, а й мають суттєві переваги (див. матеріал попереднього розділу).

При цьому слід враховувати, що відповідальні конструкції (ферми мостових кранів, ємкості з високим тиском і інші) ремонтуються за

правилами, установленими Держтехнаглядом. На цей рахунок розроблена відповідна організаційна і технічна документація.

2. РЕМОНТ ВАЛІВ, ОСЕЙ І МУФТ

При зносі валів виникають наступні дефекти:

– змінення діаметрів і форми шийок і цапф;
– поява подряпин, рисок і задирів на шийках і цапфах;
– згинання і скручування валів;
– знос, зім'яття і викришування робочих поверхонь шпонкових канавок і шліців;
– знос і руйнування різьб [16].

Зменшення діаметра шийок трансмісійних валів допускається в межах 10% номінального діаметра при статичному навантаженні і 5% при динамічному. Вали вибраковують, якщо на них виявляють тріщини чи скручування на кут вище 10°. Після визначення величини зносу шийок вала вирішують питання про доцільність і спосіб ремонту вала. Якщо вал обертається в підшипниках ковзання, які можна залити знову, то краще обробити вал до наступного ремонтного розміру. Якщо ж вал обертається в підшипниках кочення і конструкція деталі не допускає зменшення розміру шийки, то відновлюють діаметр вала до номінального за допомогою нанесення покриття. При цьому вибирається той спосіб, який можливо застосувати з найменшими витратами, а саме з урахуванням можливостей ремонтного господарства підприємства. Методи відновлення геометричних розмірів деталей детально описані в попередньому розділі.

Ремонт шийок валів з обробкою до ремонтних розмірів (див. попередній розділ) виконують наступним чином:

– перевіряють стан центрових отворів вала і, якщо необхідно, виправляють їх на центрувальному чи токарному верстаті;

– зношувані шийки оброблюють до наступного ремонтного розміру на токарному чи круглошліфувальному верстаті.

Після цього шийки відновлюють до номінального розміру в такій послідовності:

– за допомогою покриття (напилення, металізація, наплавлення, осадження, нанесення металополімеру чи інше) нарощують шийки до діаметра більше номінального з урахуванням припуску на обробку (але при деяких способах покриття можна досягти номінального розміру без наступної механічної обробки, див. попередній розділ);

– перевіряють і, якщо необхідно, випрямляють згин осі вала. Слабко погнуті вали випрямляють на токарних верстатах за допомогою ручного гвинтового преса, методом чеканки чи місцевим нагрівом. Сильно вигнуті вали випрямляють на правильних пресах у холодному стані. Допустима величина прогину вала складає 0,3 мм на 1 м довжини при $n \leq 500$ об/хв та 0,2 мм при $n > 500$ об/хв;

– перевіряють і виправляють центрові отвори;

– нарощений шар (при необхідності) оброблюють до номінального розміру.

Виправлення кривизни валів чеканкою виконують наступним чином [16]. Вал 1 установлюють в центрах ввігнутою стороною вгору (рис. 3.2). В місці максимального прогину 4 під вал установлюють опору 2 з прокладкою з твердого дерева чи м’якого металу (мідь, алюміній і інші). Кінець вала, ближчий до місця прогину, укріплюють на стійці так, щоб маса консолі сприяла подовженню волокон ввігнутої частини вала. Потім ділянку вала над опорою наклепують чеканом по дузі кола біля 120^0. При цьому величину, на яку опускається кінець вала 1, перевіряють за допомогою індикатора 3.

Для виправлення вала нагрівом вал установлюється в підшипники випуклістю вгору і щільно обкладається азбестом із залишенням у місцях найбільшої кривизни віконця довжиною 1,2 і шириною 0,3 діаметра вала. Ділянку вала у віконці рівномірно і швидко нагрівають газовим пальником до 550 ^{0}С, а потім закривають на 15 хв. азбестом. Нагрів повторюють декілька разів до повного виправлення вала. Потім вал піддають відпалу шляхом нагріву до 200 ^{0}С і витримці при цій температурі на протязі 1 години, ізолюють азбестом і охолоджують стисненим повітрям до 50 ^{0}С. При цьому вал обертається безперервно зі швидкістю 20–30 об/хв.

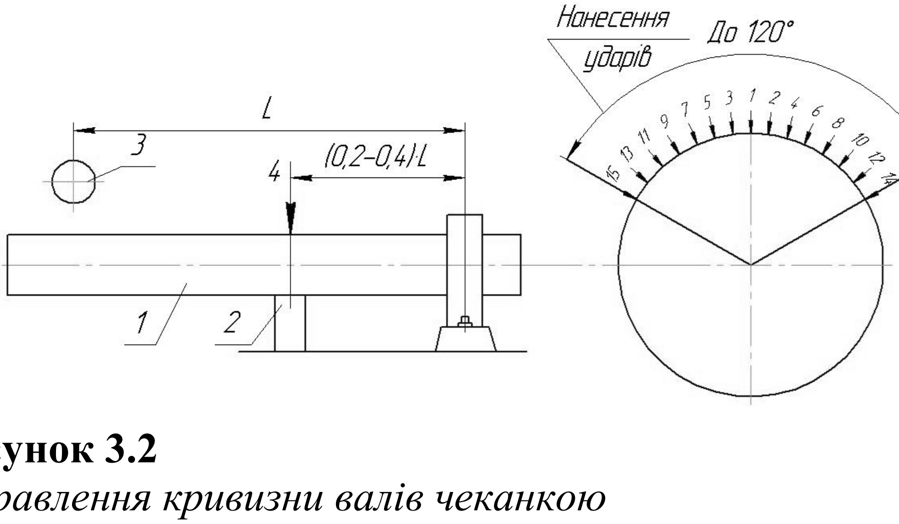


Рисунок 3.2

Виправлення кривизни валів чеканкою

Вали та осі, що мають тріщини і ознаки деформацій від скручування, як правило підлягають заміні. Хоча у виключних випадках, все-таки, тріщини невеликих розмірів заварюють за допомогою газового і електродугового зварювання (причому на всю глибину). Для цього тріщини оброблюють, створюючи поглиблення на глибину тріщин, і підігрівають. Для зміцнення вала місце заварювання після відпалу проковують.

Різьба на валах може відновлюватись шляхом наварювання на неї за допомогою газового чи електродугового зварювання збиткового шару металу з наступним розточуванням цієї ділянки до необхідного діаметра і нарізання нової різьби. Проте нагрівання вала під час зварювання може призвести до його деформації. Тому доцільніше застосувати нові технології з використанням металополімерів (див. попередній розділ).

Вкрай доцільним є використання металополімерів і при ремонті шліцьових кінців валів. При цьому після знежирення шліців вала і втулки (попередньо поверхні шліців вала грубим напилком (терпугом) надають підвищеної шорсткості) на шліці вала шпателем наноситься збиткова кількість металополімеру. Потім вал з нанесеним матеріалом проштовхується у втулку. Надлишки матеріалу будуть видавлені втулкою. Але слід захистити поверхні з’єднання, які не повинні покриватись металополімером. Крім того, слід відмітити взаємне розташування шліців вала і втулки, оскільки внаслідок ремонту обидві деталі точно підігнані один до другого і повторне їх складання буде можливим лише в єдино правильному положенні.

Для ремонту шліцьових з’єднань можна застосувати і інші методи: наплавлення, металізацію, різноманітні методи нанесення покрить (див. попередній розділ). Тим більш, що застосування металополімерів може бути обмежене високим навантаженням вала.

Шпонкові канавки (самі шпонки підлягають заміні) можуть відновлюватись як традиційним методом при використанні відомих наплавних засобів (газове і електродугове зварювання), так і нових методів з застосуванням металополімерів (рис. 3.3).

Напилком чи наждаком надають поверхні пазів необхідну шорсткість, знежирюють її, антиадгезивом покривають інші поверхні вала і втулки. Матеріал наноситься тонким шаром на дно паза і товстим шаром на бокові стінки. Суміш необхідно щільно вдавлювати в кутики і

шпателем і розгладжують біля шпонки. Для остаточного фіксування шпонки на вал негайно насаджують втулку (муфту, шків чи інше).

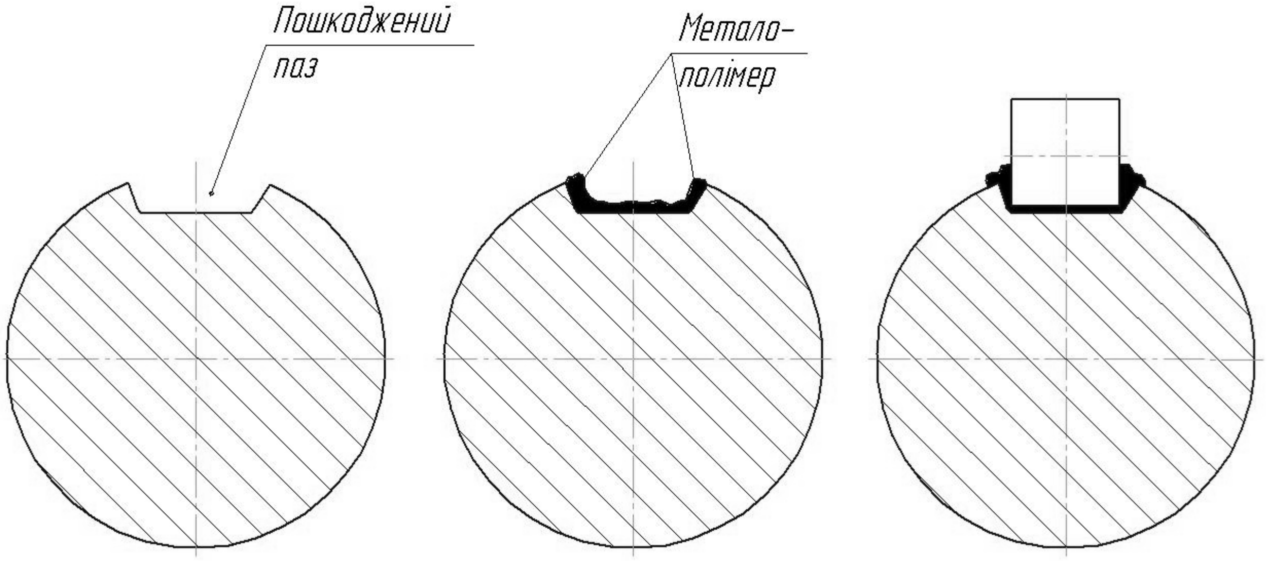


Рисунок 3.3
Приклад відновлювання шпонкової канавки метало-полімером

На практиці застосовується і метод ремонту шпонкових сполучень, при якому розбитий шпонковий паз замуровується (зварюванням, заправлянням металополімером), а під кутом 90, 135 чи 180^0 по відношенню до старого паза фрезерується новий. При посадці призматичних шпонок між неробочою гранню шпонки і дном шпонкового паза у напівмуфтах (інших втулках) належить залишати зазор 0,2–0,5 мм.

З'єднувальні муфти зношуються, головним чином, у місцях посадок з'єднуваних деталей, тобто в отворах для болтів і пальців, у місцях контакту кулачків чи зубців і у шпонкових пазах.

У втулково-пальцевих муфтах виробітка отворів для кріплення пальців не допускається, та й вони практично не зношуються при надійному кріпленні. В зубчастих муфтах знос зубців по товщині допускається в межах 30 % від номінального розміру, а перекіс осей валів — не більше $1{,}5^0$ при відсутності радіального зміцнення осей. При зносі зубців вище допустимого зубці, як правило, не відновлюють, хоча в деяких випадках можна було б застосувати технологію на основі металополімерів, як це провадиться при ремонті шліцьових сполучень.

Зношувані кулачки кулачкових муфт наплавляють електрозварюванням, а потім оброблюють по шаблону напилком чи на верстатах. Можуть застосовуватись і інші методи з нанесенням зносостійких покрить (все залежить від наявності можливостей ремонтників).

Багатодискові фрикційні муфти виходять з ладу, головним чином, через задири, заїдання і надто великі зноси дисків. У всіх випадках на несправних замінюють фрикційні диски. Деформовані притискні і упорні диски проточують чи замінюють новими.

3. РЕМОНТ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ

Підшипники ковзання виконують у вигляді *цільних втулок*, *роз'ємних вкладишів* чи *секторів*. *Цільні втулки* вставляють у гніздо повністю обробленими чи з припуском на обробку після встановлення. Вони запресовуються туго чи установлюються щільно, але без натягу і фіксуються стопорами. *Роз'ємні вкладиші* укладаються в гнізда вільно: спочатку нижній, потім — верхній. До остаточного монтажу у вкладишах, зібраних у корпусі підшипника, прорізують канавки для змащення. В деяких випадках провадиться шабрення вкладишів.

Необхідність ремонту підшипників ковзання установлюється шляхом замірів зазорів, якщо вузол не розбирається, за допомогою щупів, а в розібраному стані шляхом замірів вала і втулки чи використання свинцевого дроту. Дріт укладають на цапфу вала і в роз'єми вкладишів. Після обтискання вкладишів кришкою підшипника вимірюють мікрометром отримані свинцеві відтиски. Різниця між товщиною відтиску, отриманого між цапфою вала і кришкою, і напівсумою відтисків у роз'ємах вкладишів вказує на величину діаметрального зазору. Після цього підшипник розбирають і оглядають поверхні ковзання, далі визначають відповідні заходи.

Відновлення зазорів між цапфою і чавунною чи бронзовою втулкою підшипника можна провести одним з методів відновлення геометричних розмірів, що висвітлені в попередньому розділі. На практиці частіше знос чавунних втулок усувають шляхом розточування і запресування додаткових втулок, а знос бронзових втулок на 1% нормального їх діаметра компенсують шляхом рівномірного осадження між верхнім і нижнім обтисками під пресом навколо калібрувального стрижня необхідного діаметра.

Більш складна технологія підшипників з бабітовою заливкою. Відшарування бабітової заливки відбувається внаслідок неякісного лудження втулки перед заливкою. Тріщини ж виникають через неякісний бабіт і досягнення границі втомленості бабіту. Виплавлення бабітової

заливки відбувається внаслідок перегріву, що пов'язано з перевантаженням підшипникового вузла, перекосів, падіння тиску в мастильній системі чи поганої фільтрації масла [39].

При виявленні в бабітовій заливці вкладиша чи втулки коротких тріщин, відшарувань (до 10% площі ковзання) або при наявності неглибоких раковин, пошкоджені ділянки зачищають, змащують соляною кислотою і глибоко пропаюють бабітом тієї ж марки. Якщо ж у бабітовій заливці величина пошкоджень перевищує вказану чи товщина залишеного бабіту складає менше 40% початкового розміру, а також, якщо зазор між цапфою і вкладишами перевищує установлену величину, то заливання втулок чи вкладишів бабітом проводять заново.

Заливці передує старанна підготовка вкладишів. Спочатку з їх поверхні знімають зношуваний шар бабіту, потім занурюють вкладиші в гарячу ванну з 10%-вим розчином їдкого натру для усунення мастила, після чого промивають гарячою водою. Очищення проводять й іншим способом: протравлюють в 10–15%-му розчині сірчаної чи соляної кислоти на протязі 5–10 хв., промивають гарячою водою і знежирюють на протязі 5–10 хв. У киплячому 10%-му розчині кальцинованої соди і знову промивають в гарячій воді при температурі 70–90°С та просушують.

Зношуваний шар бабіту збирають полум'ям паяльної лампи, спрямо-вуючи його рівномірно на поверхню тильної сторони опори чи вкладиша. Вкладиші також розміщують в електропечах чи занурюють у тигель з розплавленим для нової заливки бабітом. Розплавлений бабіт використовується повторно.

Вкладиші під заливку бабітом на олов'яній основі попередньо лудять. Для цього очищену поверхню змащують флюсом (насичений розчин цинкової стружки в соляній кислоті з 5%-им нашатирем), нагрівають полум'ям паяльної лампи до 250 °С ,посипають нашатирем, набирають паличкою третника (33% олова і 67% свинцю) і натирають ним поверхню вкладишу. Лужену поверхню оберігають від забруднення пилом і маслом (рекомендується навіть не торкатися руками).

Чавунні вкладиші перед лудінням зневуглецьовують шляхом нагріву до 500–550 °С на протязі 5–6 годин у присутності окислювачів (перекису марганцю і червоного оксиду заліза), потім травлять в кислоті, змочують флюсом і лудять сплавом, який складається з 4% сурми, 5% олова і 91% свинцю [39].

Найбільш якісною є відцентрова заливка, при якій зібраний підшипник закріплюють на шпинделі токарного чи спеціального пристрою, підігрівають посуду до 250 °С (температура плавлення) і при неперервному обертанні зливають розплавленим бабітом.

При товщині бабіту менше 10% від внутрішнього діаметра підшипника частота обертання складає:

$$n = \frac{k}{\sqrt{R}}$$

де k = 1400–1800 — для олов'янистих бабітів і 1700–1900 — для свинцевих;

R — внутрішній діаметр підшипника, см.

Обертання підшипника має відбуватись до певного охолодження підшипника. Якщо поверхня з кольорами побіжалості, то це ознака неякісної заливки. В цьому випадку заливку необхідно повторити.

Підшипники після заливки розточують на токарних, свердлильних і спеціальних верстатах. Після розточування до необхідного діаметра виконують мастильні отвори і канавки, шабрують по місцю посадки підшипника на шийку вала.

Велике значення має установлення нормального зазору між верхнім і нижнім вкладишами. Від цього залежить ступінь затяжки підшипника. Для вивірювання зазорів на площину роз'єму кладуть свинцевий дріт і затягують підшипник доти, поки не буде усунено люфт в спряженні з валом при вільному його обертанні. По величині деформованого дроту підбирають сталеву прокладку, яку остаточно і установлюють при складанні вузла підшипника.

Все описане вище стосується, головним чином, підшипників загального призначення. В той же час найвідповідальнішими є опорні підшипники валків прокатних станів, які сприймають надзвичайно великі навантаження. Тому тут застосовуються спеціальні підшипники рідинного тертя (ПРТ), а бабітова заливка сприймає питоме навантаження 20,0 МПа і вище. Діаметр підшипників досягає 1,18 м, а відношення довжини L до діаметра D складає 0,6 і 0,75. Поверхню бабітової заливки оброблюють по 10-му класу чистоти ($Ra \approx 0{,}1$), а після приробки в підшипнику вона отримує дзеркальний вигляд. Велике значення в таких підшипниках має і точність виконання радіальних зазорів. Все це робить неможливим виконання серйозних ремонтів таких підшипників у місцевих умовах металургійних підприємств. При цьому допу-

скається проводити лише мілкий ремонт у вигляді зачищення і усунення окремих дефектів шабером з наступним поліруванням пастою «ГОИ». У випадках вироблення конусної втулки під ущільненнями проточують вироблене місце втулки, надітої на прокатний валок, і насаджують на втулку сталеве кільце. В інших випадках підшипники направляють для ремонту на заводи-виробники підшипників або на інші спеціалізовані підприємства.

4. РЕМОНТ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

В умовах найбільш сприятливих, коли передбачено надійний захист від шкідливої дії зовнішнього середовища і належне змащення, підшипники загального призначення працюють достатньо тривалий час (напрацювання складає 25–30 тис. годин) і відмовляють внаслідок збільшення зазорів між тілами і доріжками кочення. Гранично допустимий радіальний зазор кулькових підшипників приймають у 4 рази , а роликових — у 3 рази більше початкового.

При огляді промитих підшипників звертають увагу на стан доріжок і тіл кочення, на легкість обертання і на характер шуму. Підшипники з ознаками лущення чи викришування робочих поверхонь, з тяжким ходом і характерним шумом до подальшої експлуатації не допускають.

Відновлення необхідної посадки на вал чи в корпус здійснюється шляхом нарощування шару покриття на посадкову поверхню методом металізації, наплавлення, електролізу, напилення і покриття полімерами (металополімерами) (див. попередній розділ) і інше.

Значно більші проблеми виникають при відновленні підшипників прокатних станів. Застосовуються переважно роликові підшипники з конічними роликами (дворядні і чотирирядні), оскільки вони добре само-встановлюються і здатні сприймати поряд з радіальними великі осьові навантаження. Наприклад, для потужних чотиривалкових станів холодної прокатки один підшипник повинен витримувати зусилля до 15,0–20,0 МН (1500–2000 т). Зовнішній діаметр такого підшипника складає більше 1м і маса його перевищує 3т.

З метою збільшення терміну служіння цих підшипників регулярно, не менше одного разу на два місяці, проводять ревізії, під час яких, окрім оглядів, перевіряють осьову гру, що впливає на розподілення зовнішнього навантаження по рядам роликів (навантаження має сприйматись всима роликами).

Деталі чотирирядних конічних роликових підшипників невзаємозамінні і установлюються при складанні за комплектувальним маркуванням. Величина осьової гри (зміцнення) для підшипників діаметром 500–800 мм повинна бути в межах 0,7–0,9 мм, а допустима різниця осьової гри для одного підшипника не більше 0,1 мм [16].

В процесі роботи крупногабаритних підшипників більш інтенсивно зношуються бігові доріжки зовнішніх необертових кілець по дузі 90–120°. Для усунення цього явища при ревізії рекомендується повертати зовнішні кільця на величину цієї дуги і тим самим змінювати зони напруження.

Багаторядні підшипники з циліндричними роликами застосовуються на листових, сортових і дротових станах, де швидкість прокатки досягає 30–40 м/с. Ці підшипники мають внутрішні кільця, взаємозамінні за зовнішнім діаметром, тобто вони оброблені з великою точністю. Внутрішні кільця монтуються на шийки валків з нерухомою посадкою, а при змінюванні валків внутрішні кільця залишаються на шийках валків. Залишаються вони і при переточуванні і перешліфуванні бочки валка, що усуває утворення ексцентричності валка під час його обробки. Оскільки такі підшипники не сприймають значних осьових навантажень, то поряд з ними установлюються роликові чи кулькові опорні підшипники.

Зносу, головним чином, піддаються бігові доріжки і тіла кочення. Для зменшення зносу підшипники повинні мати надійний захист від забруднення, добре рідинне змащення для відводу тепла і відсутність значних перекосів валів, що повинно забезпечуватись під час експлуатації. Ремонт же таких підшипників здійснюється на підприємствах — виробниках.

5. РЕМОНТ ЗУБЧАСТИХ І ЧЕРВ'ЯЧНИХ ПЕРЕДАЧ

Основними формами відмови цих передач, перш за все, є [16]:

– стирання робочих поверхонь зубців, що призводить до поступового спотворення їх робочого профілю;

– викришування робочих поверхонь зубців (віспоподібний знос, лущення і вминання) при дії змінних і великих контактних навантажень, при втомних явищах. Шестерні і колеса підлягають заміні чи ремонту, якщо площа поверхні зубців, пошкоджених викришуванням, перевищує 30% контактної поверхні зубців, а викришування поширилось на головку зубця і глибина ямок досягає 10% товщини зубця;

– задирання зубців, що виникають при короткочасних, але значних перевантаженнях і ударах (особливу схильність до задирання мають гіпоїдні і гвинтові передачі);

– заїдання робочих поверхонь зубців внаслідок утворення і руйнування металевих зв'язків, що відбувається, зазвичай, при погано припрацьованих передачах і недостатній в'язкості мастила і наявності високих питомих тисків;

– абразивний знос робочих поверхонь зубців внаслідок абразивного забруднення;

– згин і нарощення шарів внаслідок великих навантажень і пластичних деформацій в зоні контакту м'яких сталей (утворення хвилястості на робочих поверхнях, що характерно для зубців з твердою поверхнею, але м'якою серцевиною);

– відшарування поверхневих плівок, що спостерігається у зубців, які азотовані чи цементовані на недостатню глибину;

– руйнування чавунних чи твердих сталевих зубців при ударних навантаженнях чи перекосах осей коліс внаслідок великих напружень згину, появи мікротріщин у місцях переходу зубців в обід колеса і подальшого поширення тріщин у тілі зубця.

Ввігнута форма зламу ніжки зуба відносно обода є наслідком втомного руйнування, а опукла форма характерна при зломі термічно оброблених зубців і є наслідком високих нормальних напружень і ударів.

Гранично допустимий знос зубців по товщині у % від їх номінальних розмірів, розрахованих по початковому колу, складає для:

Відповідальних передач — 7..10;

Реверсивних редукторів, що працюють з коловою швидкістю 5–15 м/с — 15;

Звичайних редукторів, що працюють з коловою швидкістю до 5 м/с — 20;

Відкритих передач із сталевими і чавунними колесами — 30.

Шестерні з цементованими зубцями, що отримали поверхневе гартування, рекомендується замінювати при зносі поверхневого твердого шару до 80% початкової товщини (заміри проводять зубоміром).

Для оцінювання втомленого викришування робочих поверхонь зубців застосовують метод відпечатків (найпростіший метод — накладення на поверхню білого паперу і натирання олівцем).

При ремонтах зубчастих передач застосовують наступні способи: перевертають колеса у прямозубих нереверсивних передачах, наплавляють, покривають робочі поверхні зубців, ставлять нові зубці взамін зруйнованих у невідповідальних тихохідних передачах і змінюють вінці чи колеса у відповідальних реверсивних передачах.

Окремі зруйновані зубці (не більше двох підряд) у невідповідальних передачах і невисокого класу точності з модулем вище 8мм (тобто, при висоті зубців вище 18 мм) наплавляють газовим чи електродуговим зварюванням якісними електродами з товстою обмазкою. Для цього зруйнований зуб видаляється і в тілі колеса просвердлюють і нарізують отвір, в який вгвинчується шпилька. Наплавлення зубця здійснюють по мідному шаблону, встановленому у впадинах між зубцями. Після наплавлення колесо відпалюють, оброблюють на токарному й зубофрезерному верстатах та остаточно підганяють обкатуванням.

Кращим вважається спосіб застосування вставок з нарізаними зубцями чи з використанням фрагментів з інших колес. В цьому випадку на ободі колеса виконують прямолінійний чи іншої форми паз, куди вставляється вставка. Посадка вставок має бути щільною чи напруженою. Кріплення здійснюється за допомогою гвинтів (рис. 3.4) чи газового зварювання.

Зубчасті передачі складної форми при зносі великої кількості зубців ремонтують шляхом насадження вінця. При цьому зубці зрізають по всьому периметру колеса і замість них напресовують вінець (кільце), на якому нарізають нові зубці. Вінець насаджують на проточений обід існуючого колеса холодним чи гарячим способами (останній більш надійний) з наступним кріпленням гвинтами чи зварюванням.

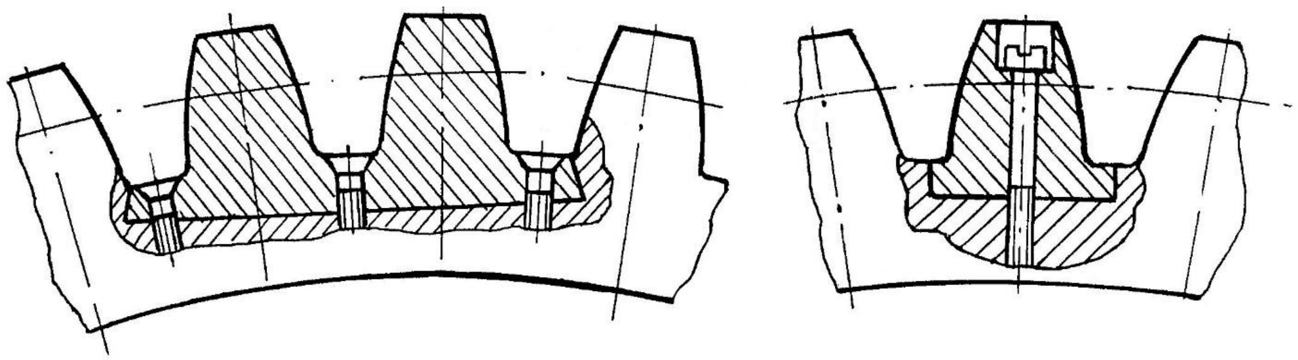


Рисунок 3.4
Приклади кріплення вставок з нарізаними зубцями

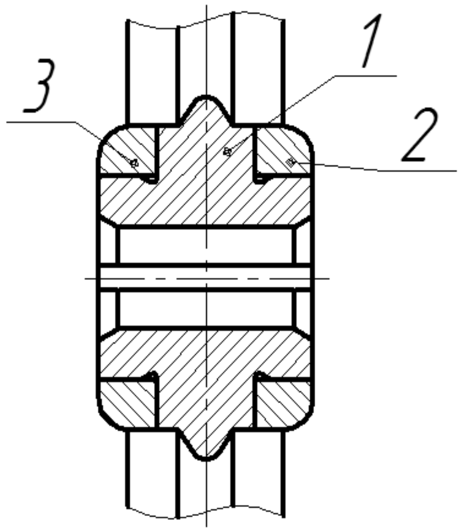


Рисунок 3.5
Схема ремонту маточини зварюванням

Ободи шестерень, що лопнули, відновлюються, як правило, зварюванням. Для цього відповідним чином підготовлюють зварний шов, після чого обід затискують (стягують) хомутами для збереження розмірів. Після зварювання шестерню піддають термообробці. Зламана маточина 1 також може бути відремонтована зварюванням, а для надійності її охоплюють сталевими бандажами 2, 3, які насаджуються в гарячому стані (рис. 3.5).

Після ремонту зубчастих коліс необхідно старанно перевірити якість складання зубчастої передачі (головним чином перевірити контакт зубців). Для цього бокові поверхні зубців першого колеса покривають тонким шаром фарби (берлінська лазурь, типографська), після чого зубчасту пару прокручують від колеса, змащеного фарбою.

Правильність зачеплення визначають за формою і розміром плям. При нормальній роботі зубчастої передачі мають бути збережені необхідні зазори — радіальний і боковий. Це необхідно для усунення можливих заклинювань зубців. Зазори замірюють щупом, каліброваним дротом чи свинцевою смужкою. Калібрований дріт чи свинцеву смужку пропускають між зубцями коліс, а потім величину зазору перевіряють мікрометром або штангенциркулем. Для замірів з високою точністю користуються спеціальними приладами.

Основним видом зносу черв'ячних передач є стирання їх робочих елементів (витків черв'яка і зубців черв'ячного колеса), що визначається зменшенням їх товщини, появою «мертвого» ходу в реверсивних передачах, зниженням міцності витків і зубців.

При ремонті черв'ячних передач, перш за все, перевертають черв'як і черв'ячне колесо, зрушують черв'як вздовж осі чи замінюють елементи передачі. В більшості випадків черв'яки зношуються значно менше коліс, тому достатньо перевернути тільки колесо. При заміні зношуваних елементів у передачах з загартованими черв'яком змінюють, зазвичай, вінець черв'ячного колеса, а в передачах з «сирим» черв'яком — вінці колеса і черв'яка.

Посадкову поверхню вінця оброблюють з допусками для забезпечення необхідного натягу, а зовнішню — спочатку «начорно», а після посадки вінця на маточину — остаточно. Технологічною базою при чистовій обробці зовнішньої поверхні слугує поверхня отвору у маточині. Вона ж є технологічною базою і при обробці зубців (для забезпечення соосності підшипникових шийок вала і початкового кола колеса).

Проте, яким би не був добрий (але вимушений) ремонт, слід використовувати сучасні засоби, що сприяють довгій тривалості передач, і, більш того, засоби, які, крім цього, забезпечують самовідновлення пар тертя кочення і ковзання (див. «Ремонтно-відновлювальні сполуки»).

6. РЕМОНТ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

В різьбових з'єднаннях частіше всього зношується профіль різьби по середньому діаметру, зминаються робочі поверхні профілю різьби, подовжується стрижень болта, змінюється крок різьби, згинається чи обривається стрижень болта[28].

Зношувані різьбові деталі кріплення (болти, гвинти, шпильки) зазвичай не відновлюють, а замінюють новими. Болти з зім'ятою чи розбитою різьбою нарізають заново (корегують). Якщо різьба зірвана чи зношувана, то отвір розсвердлюють під наступний більший діаметр і нарізають нову різьбу. Після цього використовують ступінчасті шпильки, що мають різьбу більшого діаметра для загвинчування в корпусі і різьбу нормального діаметра для загвинчування гайок.

В багатьох випадках отвори зі зношуваною різьбою розсвердлюють і встановлюють різьбові перехідні чи змінні втулки з різьбою нормального розміру. При цьому довжина втулок повинна бути не менше довжини нарізаної частини отвору з нормальною різьбою. Її запресовують чи туго загвинчують, або саджають на фарбу (частіш сурик, рідше білило). Для надійного фіксування втулки за колом її з'єднання з деталлю наносять кернування на глибину до 1,5 мм.

Проте, якщо є можливість, то для відновлення різьби отворів краще застосовувати металополімерну технологію (див. попередній розділ).

Нерідко зустрічаються випадки, коли скручується голівка болта чи гвинта, а їх тіло залишається в отворі. В цьому разі в їх тілі розсвердлюють отвір, діаметр якого близький до внутрішнього діаметра різьби дійсного різьбового отвору. При цьому залишки від тіла болта (гвинта) легко виймаються за допомогою підручних засобів.

7. РЕМОНТ ПРУЖИН І РЕСОР

Основними несправностями пружин і ресор є руйнування і втрата пружності, а також знос у ресорах втулок корінних листів [39].

Спіральну циліндричну пружину, що втратила пружинистість, розтягують в холодному стані до початкової довжини і шляхом нагріву знімають внутрішні напруження. Після охолодження установлюють відповідність між отриманою і необхідною її характеристиками. Ресори, що підлягають ремонту, розбирають, очищують і сортують за степенями придатності. Ресори, що не мають механічних пошкоджень, але які втратили форму, відпалюють, згинають по шаблону, а потім піддають гартуванню і відпуску. Твердість відновлених ресор повинна бути такою ж, як і нових.

Зруйновані ресори частіш замінюють новими, але в окремих випадках їх відновлюють зварюванням. Після зварювання ресору піддають відпалу, згинають до необхідної форми, гартують і відпускають. Температура нагріву для різних сталей при гартуванні 830–860 ^{o}C, охолодження проводять у маслі (деталі із сталей 65 Г і 55 Г охолоджують на повітрі). Після гартування здійснюють відпуск при температурі 380–510 ^{o}C і охолоджують у воді.

8. РЕМОНТ УЩІЛЬНЕНЬ І ДЕЯКИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

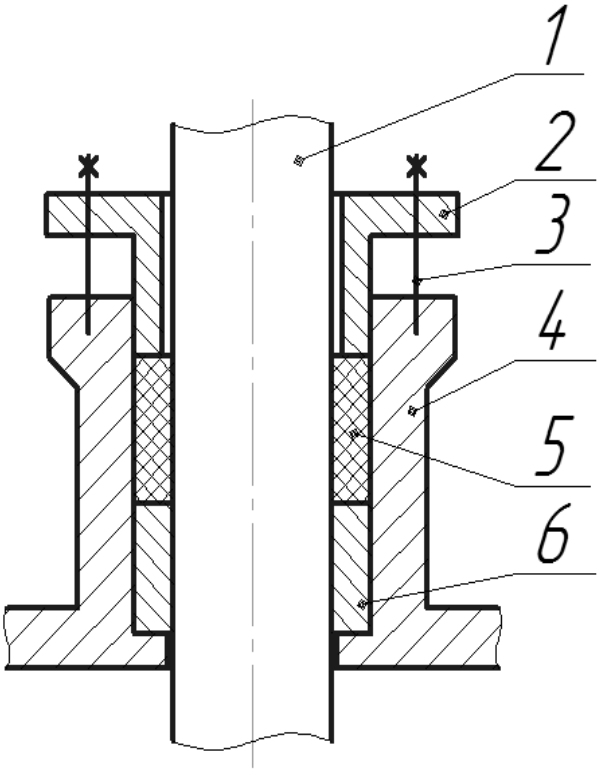
Ущільнення поділяються за призначенням на дві основні групи: ущільнення для захисту від забруднення і ущільнення для забезпечення повної герметичності різноманітних об’єктів (картерів, камер, балонів та інше). В останньому випадку об’єкти можуть перебувати під тиском чи розрідженням (вакуумом).

В якості захисних елементів від забруднення, як правило, застосовують різного типу манжети (повстяні, гумові, гумотканеві, пластикові та інші).

В якості герметичних застосовуються сальникові ущільнення та різноманітні манжетні та кільцеві ущільнення.

Ущільнювання сальниками досягається шляхом стиснення сальниковою втулкою еластичної набивки, яка щільно заповнює всі зазори (рис. 3.6).

Якість ущільнення визначається зусиллям стиснення набивки, проте при збільшенні питомого тиску на набивку зростає сила тертя між валом (штоком) і набивкою. Внаслідок набивка нагрівається і швидко виходить з ладу (стає крихкою або обвуглюється), що прискорює знос вала (штока).



1 — вал (шток); 2 — натискна втулка; 3 — натискні болти; 4 — корпус; 5 — м'яка набивка; 6 — напрямна змінна втулка

Рисунок 3.6

Схема сальникового ущільнення

Зусилля затягування сальника визначають за формулою Фарамазова С.А:

$$P = K\frac{\pi}{4}p(D^2 - d^2),$$

де P — зусилля, необхідне для затискання сальника, Н;

K — 1,2–1,6 — коефіцієнт;

P — тиск в ущільненому об'ємі, Н/см^2;

D — зовнішній діаметр набивки, см;

d — внутрішній діаметр набивки, см.

Сальник працює задовільно, якщо рідина, що проникає між набивкою і валом (штоком), змащує поверхню тертя. Величина тертя також залежить від якості набивки, довжини сальника, наявності «биття» осі вала (штока) і лінійної чи колової швидкості руху. Матеріалом для набивки слугує прядиво коноплі, азбест, прогумована тканина. Набивка просочується спеціальними сполуками, які збільшують їх стійкість і зменшують тертя в ущільненнях (тальком, мастилом з графіту, технічними жирами).

При ремонтах набивних сальникових ущільнень замінюється набивний матеріал і, при необхідності, напрямна втулка, яка, як правило, виготовляється з бронзи.

При порівняно низькій температурі (в межах 50 °С) і високому тиску в залежності від властивостей середовища застосовують ущільнення з гуми, шкіри чи пластиків у вигляді U-подібних, шевронних і комірцевих манжет (детально розглянуто різноманітні манжети нижче).

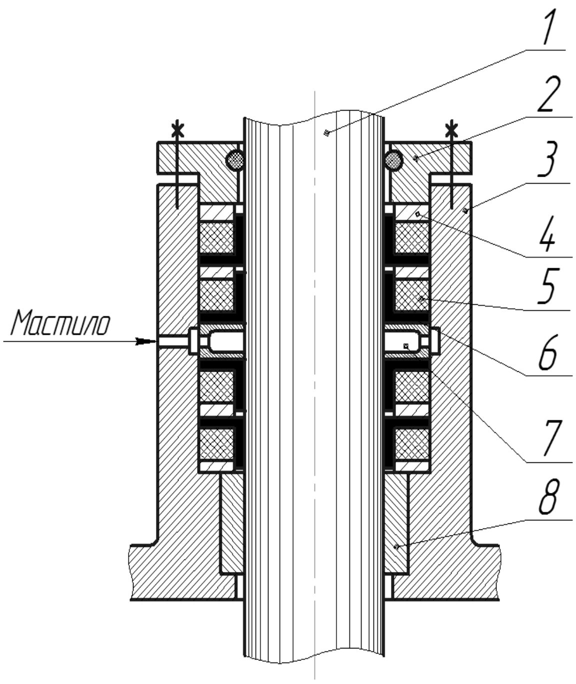


Рисунок 3.7
Схема ущільнення штока

В деяких випадках, а саме при підвищених температурах, між шарами набивки встановлюються проміжні втулки з камерами для охолодження, які ще називаються «фонарем», куди подається ущільнювальна рідина. В залежності від властивостей середовища, що підлягає ущільнюванню, в якості ущільнювальної рідини застосову-ють воду, масло, пластичне мастило, касторове масло і інші. Тиск рідини підтримують на рівні 0,05–0,15 МПа вище тиску середовища в ущільнювальному об’ємі. Тому при ремонтах належну увагу слід приділити очистці каналів ущільню-вальної рідини та подаючих отворів.

Найбільш відповідальними є сальникові ущільнення вакуумних систем. На рис. 3.7 показано ущільнення штока 1 й механізмів подачі заготівки і витягування злитка електронно-променевої печі, оскільки навіть мікроскопічні щілини будуть призводити до падіння вакууму ($1 \cdot 10^{-5}$ мм. рт. ст.), то ущільнення має бути високонадійним.

Важливою рисою ущільнення (розробка інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона) є те, що з рухомою частиною (штоком 1) контактує комірцева фторопластова манжета 6, що має коефіцієнт тертя 0,04–0,05. Розпір здійснюється грандбуксою 2 через натискні кільця 4, гумові кільця 5 (з білої вакуумної гуми). Для змащення вакуумним маслом передбачено кільце 7 з отворами. Для розподілення мастила у корпусі 3 виконується кільцева розточка. Центрування штока 1 здійснюється бронзовою втулкою 8. А оскільки вакуумні печі розташовуються в чистих приміщеннях, то такі ущільнення практично слугують по декілька років без ремонту.

Найбільш поширеного застосування ущільнювачі отримали в гідравлічних і пневматичних системах. Для можливості використання стандартних виробів державними стандартами встановлено ряд розмірів діаметрів штоків, поршнів і інших елементів, зокрема:

– діаметрів поршня (мм) — 20; 25; 32; (36); 40; (45); 50; (56); 63; (70); 80; (90); 100; (110); 125; (140); 160; (180); 200; (220); (250); (280); 320; (360); 400; (450); 500; (560); 630; (710); 800; (900);

– діаметрів штока (плунжера) (мм) — 10; 12; 16; (18); 20; (22); 25; (28); 32; (36); 40; (45); 50; (56); 63 (далі ті ж значення, що і для поршнів).

Перевага надається основному ряду (без дужок). При цьому слід пам'ятати, що від надійності ущільнення залежить робота всього агрегату. Практика показує, що 2/3 відмов гідросистем виникає через пошкодження ущільнень. Тому вкрай важливо професійно орієнтуватись в типах ущільнень і їх характеристиках.

В якості ущільнень використовуються: гумові ущільнювальні кільця круглого і прямокутного перерізів; гумотканинні і поліамідні шевронні багаторядні ущільнення; пластикові і гумові манжети, металеві кільця і інші.

Гумові кільця круглого перерізу для гідравлічних і пневматичних пристроїв призначаються для роботи при тисках:

–до 50 МПа — у нерухомих сполученнях і до 32 МПа — у рухомих сполученнях у мінеральних маслах, рідкому паливі, емульсіях, мастилах, прісній і морській воді;

–до 40 МПа — у нерухомих сполученнях і до 10 МПа — у рухомих сполученнях і стисненому повітрі.

Швидкість переміщення має бути в межах до 0,5 м/с при будь-якому вказаному середовищі.

Кільця виготовляються двох груп точності:

1-а група — для рухомих сполучень;

2-а група — для рухомих і нерухомих сполучень.

Матеріалом для кілець є гума семи груп: 0; 1; 2; 3; 4; 5; 5.

Гарантійний термін при Т= 25°С відповідно складає: для груп 0, 1, 2, 3 — 5 років; для групи 4 — 6 років і для груп 5, 6 — 10 років. Найбільш морозостійкою є гума групи 3 (у маслах при Т= −60 °С, в інших середовищах до Т= −50 °С).

На рис. 3.8 показано різні варіанти встановлення рухомих і нерухомих сполучень в циліндрах. На рис. 3.8, а — спосіб установки гумових кілець, а на рис. 3.8, б — з захисними кільцями. Захисні кільця застосовуються для попередження витиснення гуми під впливом тиску середовища. Їх установлюють зі сторони, протилежної напрямку тиску, а при двосторонньому тиску — з обох боків ущільнюваного

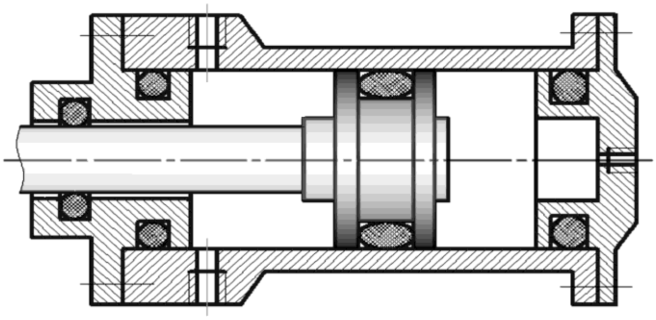
кільця. Захисні кільця застосовуються при радіальних зазорах більше 0,02 мм при наступних умовах роботи;

–у рухомих сполученнях при тисках вище 10 МПа;

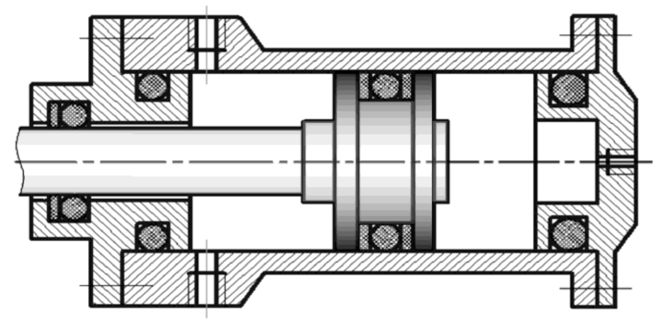
–у нерухомих сполученнях при тисках вище 20 МПа;

–при пульсуючих тисках вище 10МПа.

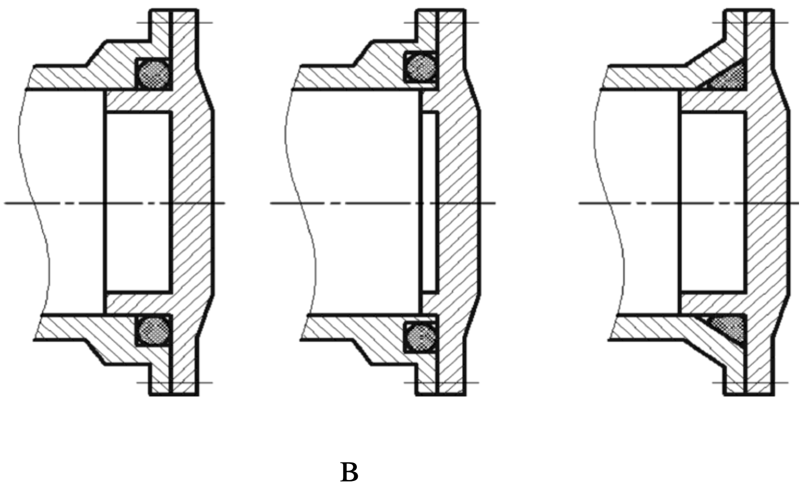
Граничні відхилення діаметрів спряжених деталей циліндрів за системою отворів у залежності від тиску і виду сполучення наведено в табл. 3.2.



а



б



в

Рисунок 3.8

Варіанти встановлення рухомих і нерухомих сполучень в циліндрах

Таблиця 3.2 — *Граничні відхилення діаметрів спряжених деталей циліндрів*

<table>
<tr><th rowspan="4">Діаметр, мм</th><th colspan="12">Граничні відхилення при тисках, МПа</th></tr>
<tr><th colspan="4">До 5</th><th colspan="4">Вище 5 до 10</th><th colspan="4">Вище 10</th></tr>
<tr><th colspan="12">Для сполучень</th></tr>
<tr><th colspan="2">Рухомих</th><th colspan="2">Нерухомих</th><th colspan="2">Рухомих</th><th colspan="2">Нерухомих</th><th colspan="2">Рухомих</th><th colspan="2">Нерухомих</th></tr>
<tr><td>Від 30 до 50
Від 50 до 80</td><td rowspan="3">H8</td><td>f9</td><td>H9</td><td>f9</td><td>H9</td><td>f7</td><td>H9</td><td>f9</td><td>H8
H7</td><td>f7</td><td>H8</td><td>f9</td></tr>
<tr><td>Вище 80 до 120
Вище 120 до 180</td><td>f7</td><td>H8</td><td>f9</td><td>H9</td><td>g6</td><td>H9</td><td>h9</td><td>H7</td><td>f7
g6</td><td>H8</td><td>f7
h8</td></tr>
<tr><td>Вище 180</td><td>g6</td><td>H8</td><td>h8</td><td>H7</td><td>g6</td><td>H8</td><td>h8</td><td>H7</td><td>g6</td><td>H8</td><td>h8</td></tr>
</table>

Розміри канавок і посадкових місць наведено в довідковій літературі (наприклад, Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 3. — 8-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 2001. — 864 с.).

Конструкція ущільнюваного вузла з манжет шевронного типу складається з пакету манжет, опорного і натискного кілець. Герметизація забезпечується за рахунок деформації манжет під дією монтажного стискання і тиску робочої рідини.

Найбільшого поширення набули гумові манжети. Менш поширені манжети з капрону, фторопласту і інших полімерних матеріалів, хоча сила тертя в тих же капронових і фторопластових манжетах при однакових умовах в 2 і більше разів менша, ніж у гумових і гумотканинних манжетах.

Гумотканинні манжети застосовуються при тисках до 50 МПа і температурах від –30 до +50°C (короткочасно до +70 °C). Складові частини (манжети, кільця опорні і натискні) шевронних гумотканинних ущільнень показано на рис.3.9.

Рекомендована кількість гумотканинних манжет в ущільненому вузлі наведена в табл.3.3.

Поліамідні манжети (рис.3.10) застосовуються для ущільнення гідравлічних пристроїв, що працюють у середовищах води і емульсії при

тисках до 100 МПа зі швидкістю руху до 2 м/с при температурі навколишнього середовища від 0 до 90 °С.

Таблиця 3.3 — *Рекомендована кількість гумотканинних манжет у вузлі*

<table>
<tr><th rowspan="2">Діаметр поршня (штока), мм</th><th colspan="6">Робочий тиск, МПа</th></tr>
<tr><th>6,4</th><th>10</th><th>20</th><th>32</th><th>40</th><th>50</th></tr>
<tr><td>10–18</td><td rowspan="6">3</td><td rowspan="5">3</td><td rowspan="4">3</td><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">4</td></tr>
<tr><td>20–30</td></tr>
<tr><td>30–60</td><td rowspan="2">4</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>60–100</td><td>5</td><td>6</td></tr>
<tr><td>105–220</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr>
<tr><td>220–710</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr>
<tr><td>750–1400</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr>
</table>

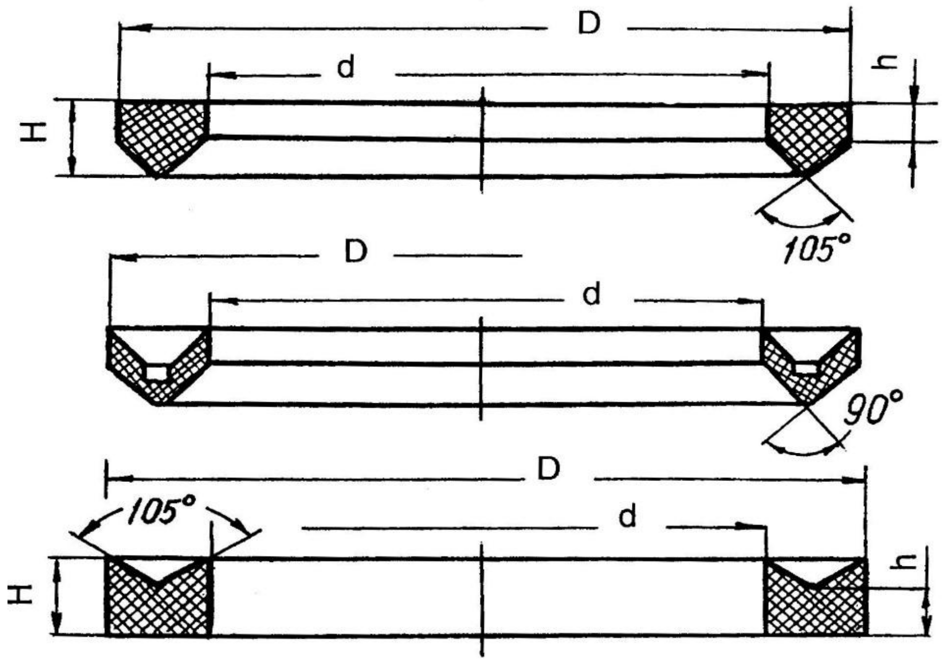


Рисунок 3.9
Розміри шевронних гумотканинних ущільнень

Фторопластові манжети застосовуються, зазвичай, у тих випадках, коли гумотканинні і капронові манжети непридатні через підвищену хімічну активність робочого середовища, високу температуру чи великі зусилля тертя. Діапазон робочих температур — від –195 до +250°С, максимальний тиск ущільнюваного середовища — 40 МПа.

Натискні і опорні кільця виготовляють з металу (Элементы гидропривода (Справочник). Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. «Техніка», 1976. — 320 с.).

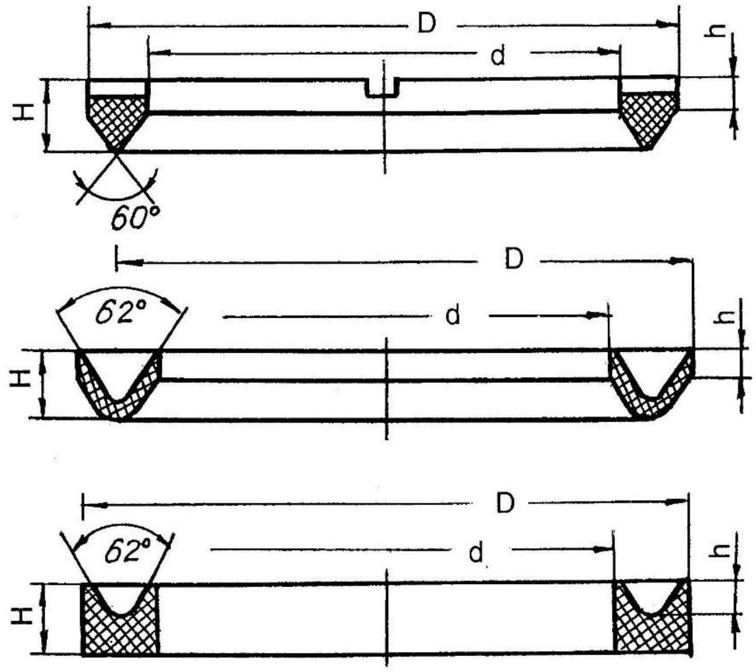


Рисунок 3.10
Розміри поліамідних манжетів

Рекомендована кількість поліамідних манжетів в ущільненні наведена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 — *Кількість поліамідних манжетів в ущільненні*

Діаметри ущільнення		Кількість манжет у комплекті при тисках, МПа				
плунжера	циліндра	до 20	до 40	до 63	до 80	до 100
10–24	22–36	4	6	7	8	10
25	40	6	7	8	10	12
25–90	45–110	7	8	10	12	14
100	125	8	10	12	14	16
110–220	140–250	10	12	14	16	18
240–710	280–750	12	14	16	18	20

Приклади застосування шевронних ущільнювальних вузлів для ущільнення штоків і поршнів показано на рис.3.11.

Манжети установлюють таких чином, щоб в них виникали розпірні зусилля від дії тиску.

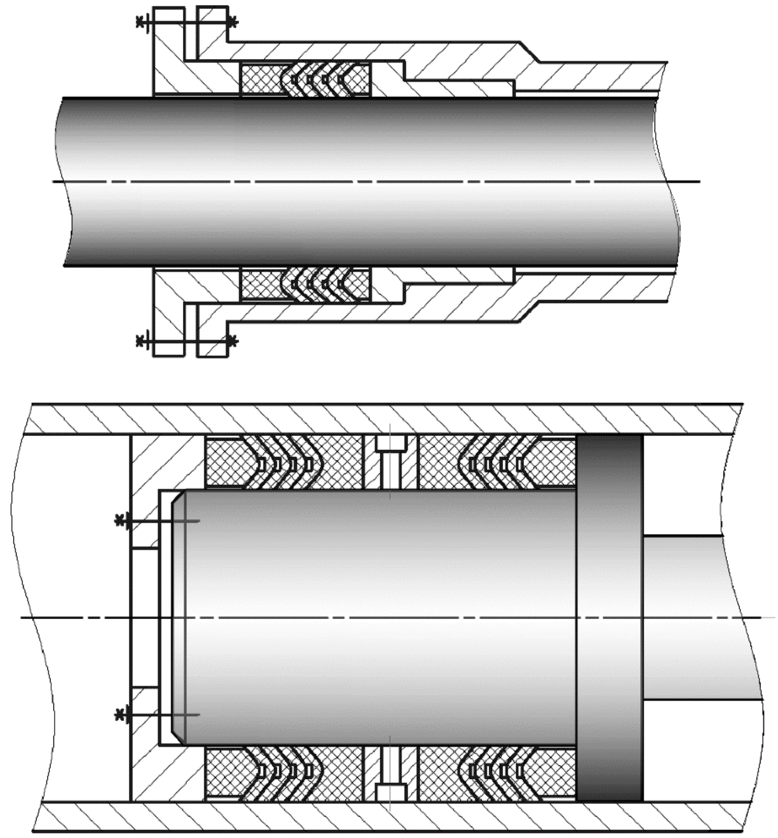


Рисунок 3.11
Приклади застосування шевронних ущільнювальних вузлів

Найбільшого поширення набули гумові манжети звичайного і зменшеного перерізів (рис. 3.12). На практиці частіш використовуються манжети зменшеного перерізу. Вони призначаються для ущільнення штоків і поршнів гідроциліндрів, що працюють у середовищах мінеральних масел, емульсій на нафтовій основі і воді при тисках до 10 МПа, а із застосуванням захисних кілець — при тисках до 50 МПа зі швидкістю зворотно-поступального руху до 0,5 м/с.

Манжети в залежності від застосованої гуми експлуатуються при наступних температурних інтервалах:

Група гуми	*температурний інтервал, ^oC*
1	від –10 до +150
2	від –15 до +100
3	від –15 до +70
4	від –25 до +100
5	від –40 до +100
6	від –50 до +100

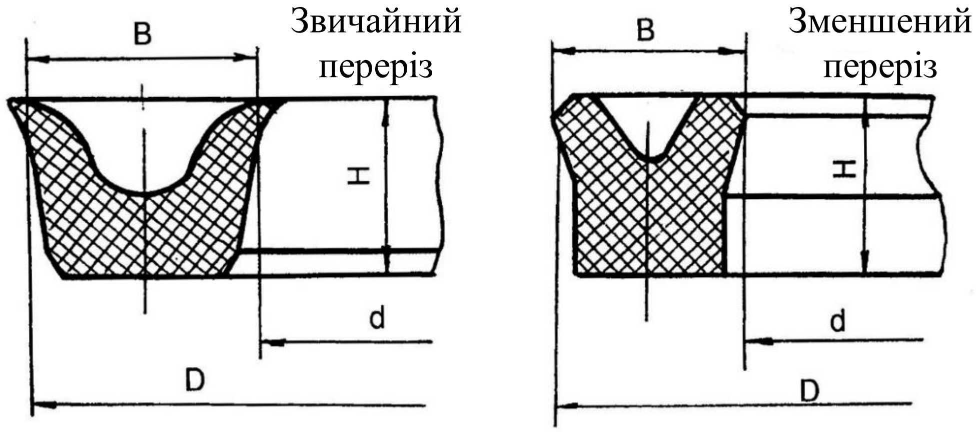


Рисунок 3.12
Розміри гумових манжетів звичайного і зменшеного перерізів

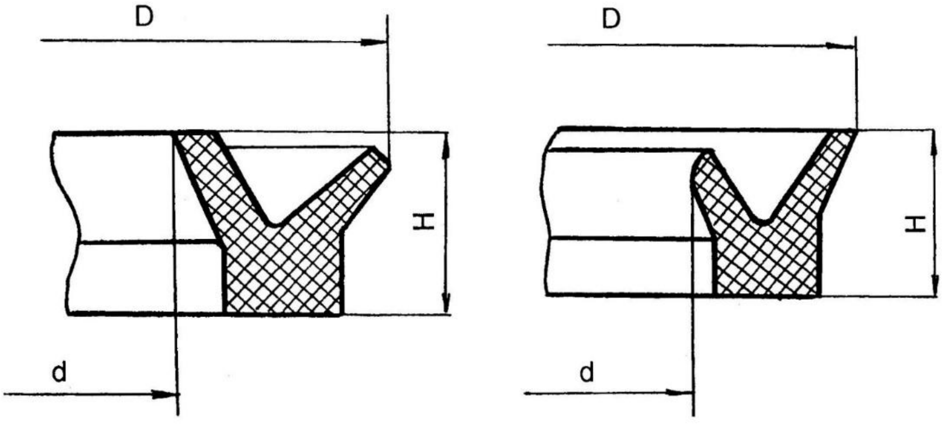
Граничні відхилення спряжених деталей в системі отвору в залежності від величини тиску наведено в табл.3.5.

Таблиця 3.5 — *Граничні відхилення спряжених деталей в системі отвору*

<table>
<tr><td rowspan="3">Ущільнювані діаметри, мм</td><td colspan="3">Тиск, МПа</td></tr>
<tr><td>від 0 до 25</td><td>від 25 до 50</td><td>від 0 до 50</td></tr>
<tr><td colspan="2">З захисним кільцем з фторопласту</td><td>З захисним кільцем з поліаміду</td></tr>
<tr><td>до 80</td><td colspan="2">$\frac{H9}{e9}$</td><td>$\frac{H11}{d11}$</td></tr>
<tr><td>до 180</td><td rowspan="3">$\frac{H9}{f7}$</td><td rowspan="2">$\frac{H9}{g6}$</td><td rowspan="2">$\frac{H11}{e9}$ чи $\frac{H9}{d11}$</td></tr>
<tr><td>до 220</td></tr>
<tr><td>до 500</td><td>$\frac{H7}{g6}$</td><td>$\frac{H9}{e9}$</td></tr>
</table>

Сталеві поверхні тертя повинні мати твердість не нижче HRC45 з хромованим покриттям.

Для ущільнення пневматичних циліндрів широко використовуються гумові манжети. Вони нормально функціонують при тисках до 1 МПа, швидкості руху до 1 м/с й температурі від –65 до +150 ^{o}C. Манжети виготовляють двох типів (рис.3.13): для ущільнення циліндрів (а) і штоків (б).



а *в*

Рисунок 3.13
Типи манжетів для ущільнення циліндрів (а) й штоків (б).

Приклад використання гумових манжет для ущільнення деталей гідроциліндрів, що працюють на тисках до 50МПа, подано на рис.3.14. Для нерухомих ущільнень застосовуються гумові кільця. Ущільнення з манжетами забезпечується шляхом їх розширення тиском робочого середовища. Тому вони будуть забезпечувати герметичність лише в положенні, яке показано на рис. 3.14.

На виході штока обов'язково встановлюються захисні кільця, які перешкоджають попаданню бруду в рухомі сполучення «ущільнення-шток» і «ущільнення-циліндр». Цьому захисту повинна приділятись належна увага, адже основний знос деталей відбувається через попадання абразивного бруду у вузли рухомих сполучень. В деяких випадках, при можливості, рухомі штоки навіть захищають від бруду за допомогою захисних пристроїв (телескопічних і гофрованих кожухів і інш.).

Значно більшому зносу піддається відкрита частина — шток гідроциліндра. Внаслідок механічних дій і забруднення абразивом на штоці можуть з'являтися вм'ятини, подряпини, задири і рівномірний знос. Пошкоджується також ущільнюваний вузол, зокрема, при використанні манжет, які притискаються до ущільнюваної поверхні тиском робочої рідини.

При механічних пошкодженнях штоки можуть піддаватись шліфуванню на глибину їх залягання. Після цього штоки піддають відповідній обробці по відновленню їх геометричних розмірів і зміцненням поверхневого шару. Частіше використовується електролітичний метод.

Поршень гідроциліндра (його металева частина) практично не зношується, оскільки з гільзою контактують ущільнення. Скоріше тут зношується ущільнення за рахунок сил тертя і напружень втомленості.

Тому при ремонтах гідроциліндрів замінюються, перш за все, ущільнювальні пружні елементи ущільнень.

Частіше заміні підлягають напрямні бронзові втулки штоків і брудознімачі (див. рис.3.14). В деяких випадках доцільно змінювати пружні елементи (кільця, ущільнювачі, манжети) на більш стійкі і надійні. Наприклад, кільця допускають значно менший знос, ніж манжети. При цьому замінюється лише металева частина поршня, а в деяких випадках її достатньо переробити.

У виключних випадках може порушуватись геометрична форма внутрішньої поверхні гільзи циліндра, для відновлення якої застосовується механічна обробка шліфуванням. Проте досягти початкової якості поверхні в умовах металургійних підприємств практично неможливо. Тому слід максимально оберігати гільзи поршневих циліндрів від пошкоджень (застосування надійних ущільнень та їх своєчасний ремонт чи заміна, якісна фільтрація робочих рідин та інше). Значно простіші в експлуатації плунжерні циліндри (односторонньої дії), в яких гільза не піддається зносу, оскільки робочою є верхня її частина, де розташовані ущільнювальні і напрямні елементи. Обробка ж зовнішньої поверхні плунжера незмірно простіша та з успіхом може виконуватись у ремонтних цехах металургійних підприємств.

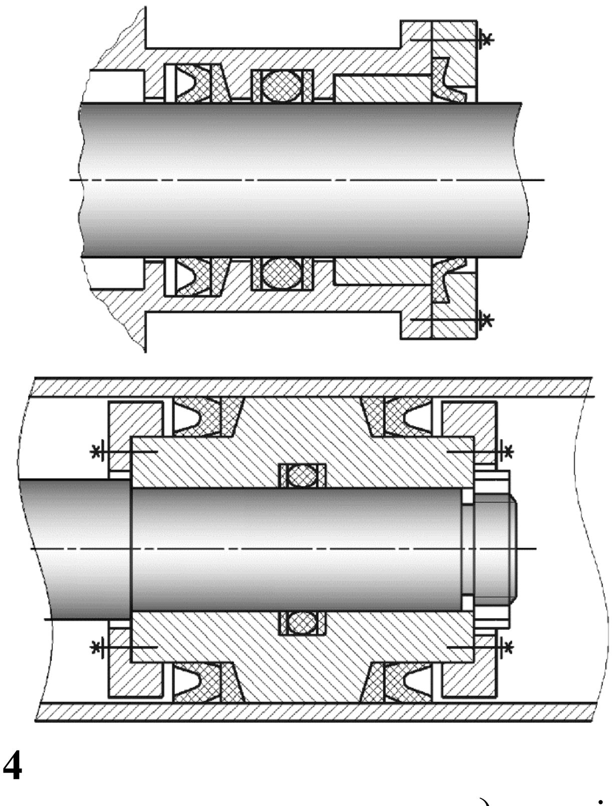


Рисунок 3.14

Схеми застосування гумових манжет для ущільнення деталей гідроциліндрів, що працюють на тисках до 50 МПа

Зустрічаються випадки поперечної деформації дліномірних штоків циліндрів (хоча й рідко). Виправлення їх осі можна здійснювати таким же чином, що і валів (див. пункт «Ремонт валів, осей і муфт»).

Значно складнішою є справа щодо ремонту деталей і елементів гідросистем, куди входять насоси, гідромотори, напрямно-розподільна, регулювальна, запобіжна й інша гідроапаратура, обладнання для збереження й очищення робочих рідин та, більш того, аналогова і цифрова сервотехніка й т.п., які, за винятком окремих елементів, не підлягають ремонту. Тобто, контрольно-регулювальну й розподільну апаратуру лише замінюють, оскільки вона може виготовлятись і реставруватись виключно на підприємствах-виробниках, що мають спеціальне верстатне оснащення та відповідних фахівців. Тим не менш, цю гідроапаратуру регулярно очищують від забруднення і замінюють деякі її складові (ущільнення, прокладки, пружини). А у випадках відмови електромагнитів управляючої гідроапаратури їх можна відремонтувати або замінити на справні.

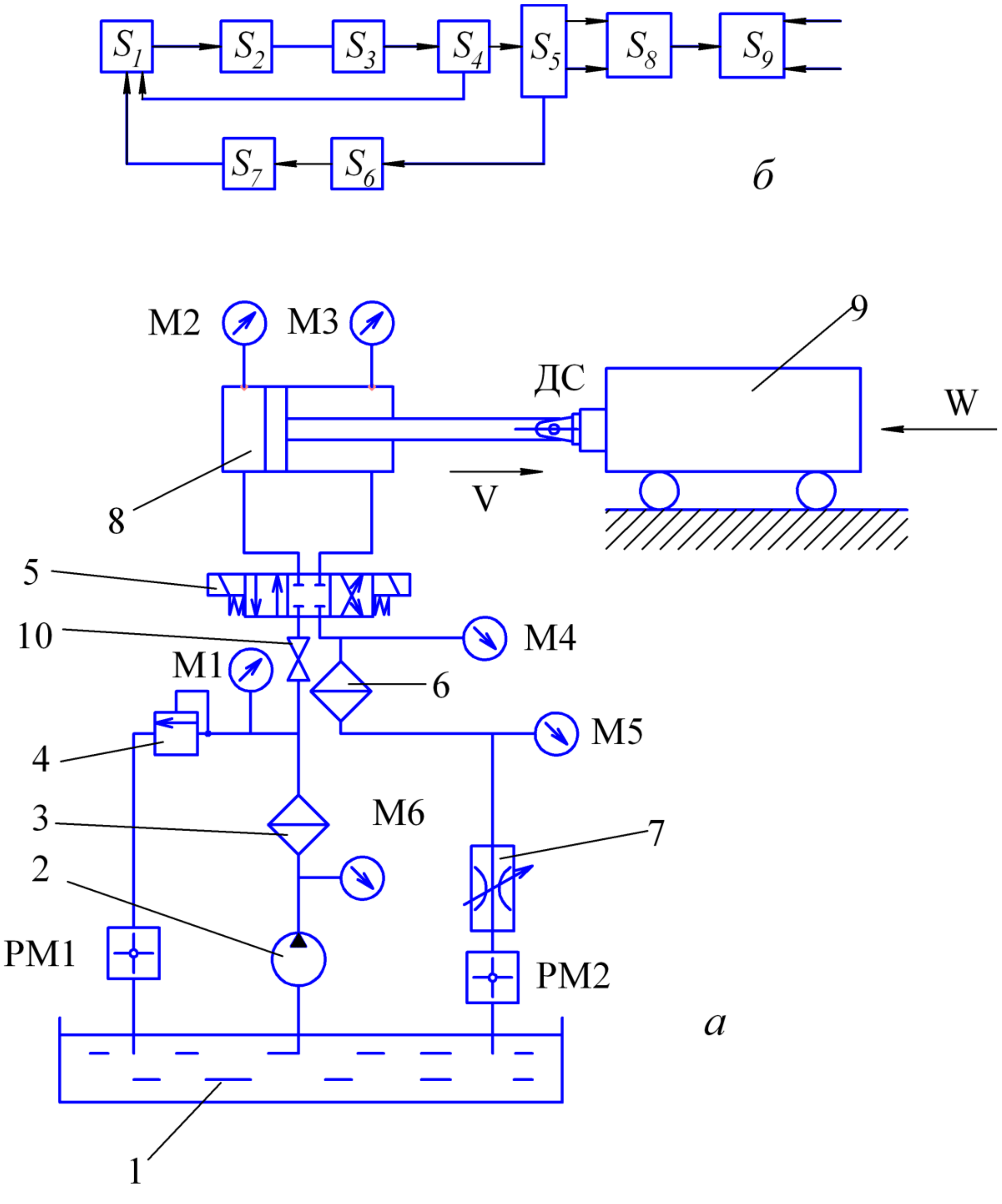
Ремонту можуть підлягати фільтри. Крім очищення тут можна відновлювати стан фільтрувальних стінок та інших фільтрувальних елементів.

Напротивагу механічним системам, в яких чітко проявляється причина їх відмови, в гідросистемах виявити це дуже складно. Тому для вирішення цієї задачі достатньо точно і повно описати види технічного стану об'єкта і вказати на належність до кожного стану конкретного елемента.

В якості прикладу розглянемо гідравлічний привод поступального руху (рис. 3.15), а ознаки кожного з елементів вказано в табл. 3.5. Ті елементи (блоки), які приводять до даного стану системи, позначимо у відповідній строчці знаком «+», а елементи, що не мають відношення до цього стану — знаком «–».

Наприклад, тиск у напірній магістралі більш допустимого (стан 1) створюється через незадовільну роботу запобіжного клапана 4, до чого спричинило забруднення його каналів і заклинювання рухомих частин (табл. 3.6). Зниження тиску в напірній магістралі нижче необхідного (стан 2) може відбуватись внаслідок того, що під кульку переливного каналу клапана попадає забруднення і він недостатньо щільно буде притискатись до сідла, допускаючи при цьому підвищений скид робочої рідини на злив.

Забруднення клапана може призводити і до пульсації тиску в напірній магістралі (стан 7). Крім того, пульсація може виникнути й внаслідок недостатнього рівня робочої рідини в баці, коли разом з рідиною насос всмоктує повітря, а також несправності самого насосу 2.



1 — бак; 2 — насос; 3, 6 — фільтр; 4 — запобіжний клапан із переливним золотником; 5 — розподільник; 7 — дросель; 8 — гідроциліндр; 9 — робочий орган

Рисунок 3.15

Принципова (а) й структурна (б) схеми гідроприводу

Таблиця 3.6 — *Апріорно-функціональна модель*

№ стану	Види технічного стану	Блоки гідропривода								
		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
1	Тиск у напірній магістралі більше необхідного	–	–	–	+	–	–	–	–	–
2	Тиск у магістралі менше необхідного	–	+	–	+	–	–	–	–	–
3	Тиск у зливній магістралі більше допустимого	–	–	–	–	–	+	+	–	–
4	Подача насосу менше допустимої	–	+	–	–	–	–	–	–	–
5	Зовнішня негерметичність перевищує допустиму	+	+	+	+	+	+	+	+	–
6	Внутрішня негерметичність перевищує допустиму	–	+	–	–	+	–	–	+	–
7	Пульсація тиску за насосом	+	+	–	+	–	–	–	–	–
8	Рівень масла в баці менше допустимого	+	–	–	–	–	–	–	–	–
9	Сила опору у вихідній ланці більше допустимої	–	–	–	–	–	–	–	+	+
10	Втрати тиску в системі перевищують допустиме значення	–	–	+	–	–	+	+	–	–
11	Швидкість руху вихідної ланки нижче заданої									
12	Швидкість руху вихідної ланки вище заданої	–	–	–	–	–	–	+	–	–

Знаком «+» помічена приналежність блоку до відповідного виду стану.
Знак «–» вказує на відсутність такої приналежності.

Підвищення тиску в зливній магістралі вище допустимого (стан 3) може відбуватись лише при забрудненні фільтра 4 і дроселя 6. Щоб у цьому впевнитись, достатньо повернути рукоятки цих елементів для прочищення каналів. Забруднення каналів дроселя призводить до зниження швидкості робочого органа (стан 11).

Основні ознаки, які можна без ускладнень встановити, це змінення швидкості руху робочого органа і пульсація тиску в гідросистемі, яка проявляється у вібрації трубопроводів.

Інші ознаки несправності можна визначити за допомогою засобів діагностики.

Для цього необхідно установити на ділянках магістралі манометри М1…М6 (звичайні чи цифрові), витратоміри РМ1, РМ2 і датчик сили ДС. За різницею показань манометрів М1 і М6 визначають ступінь забруднення фільтра 3, а за різницею показань манометрів М4, М5 — стан фільтра 5. Крім того, за показаннями манометра М5 можна визначити стан дроселя 7. Враховуючи сумарні показання витратомірів РМ1 та РМ2, встановлюють фактичну продуктивність насосу. При цьому перекривають вентиль 10 між запобіжним клапаном 4 і розподільником 5, щоб мінімізувати вплив протікань у гідросистемі. Цим способом можна встановити і фактичну величину тиску, що створює насос.

Фактичну величину опору W на робочому органі фіксують за допомогою датчика ДС. При визначенні сумарної величини внутрішніх протікань (в апаратурі, циліндрі) заміри проводять за допомогою витратоміру РМ2 при налагодженні запобіжного клапана 4 на тиск, що рівний тиску, який створюється насосом.

Порівнявши з паспортними даними усіх складових елементів про їх допустимі витоки, роблять відповідні висновки: вважати систему працездатною чи ж належить визначити, який із елементів допускає найбільші витоки.

З цього ряду слід виключити манометри, вентилі, фільтри і дросель 7, що розташовані у зливній магістралі та не впливають на величину сумарних протікань.

Практика показує, що відхилення від нормальної роботи гідросистем значно частіш відбувається через забруднення запобіжних клапанів і фільтрів. В деякій мірі запобігти цьому негативу можливо періодичним прокручуванням гвинта налагодження запобіжного клапану і рукоятки фільтра. А при короткочасних ремонтах їх необхідно старанно очищати.

Розділ 4
Реставрація та захист металургійного обладнання, що функціонує в несприятливих умовах

1. ОСНОВНІ РЕМОНТНІ МАТЕРІАЛИ

Багато деталей металургійного виробництва працюють в умовах абразивного зносу. Абразивні частки піску, руди, коксу, кремнію та інших матеріалів під впливом діючих зусиль володіють властивістю проникати в робочу поверхню деталей й зрізувати мікроструктуру. Інтенсивність такого зносу залежить від твердості і геометричної форми абразивних часток. Зі структурних елементів сталі і чавуну найвищою твердістю володіють карбіди хрому, вольфраму, молібдену.

Якщо твердість карбідів вище твердості абразивних часток, то останні не можуть проникати в метал на ділянках, занятих карбідами. І чим більше твердих карбідів входить в структуру металу, тим вище буде його стійкість в умовах абразивного зносу. Але необхідно враховувати наступне: якщо має місце чисто абразивна дія, то можна наносити покриття на карбідовій основі, а якщо знос супроводжується суттєвими навантаженнями, то покриття повинно мати в’язку металеву матрицю (аустеніт чи ферит).

Інтенсивність абразивного зносу, як відомо, в значній мірі залежить від температури навколишнього середовища. Так, наприклад, знос деталі із сталі 35 Л при підвищенні температури від 250 до 600 °С зростає приблизно в три рази [23], тому необхідно мати на увазі, що методи застосовані при зміцненні деталей, які працюють при звичайних температурах (деталі дробарок, деяких млинів, грейферів і т. д.), можуть виявитись непридатними при зміцненні деталей, які працюють в умовах підвищених температур (деталі коксо-виштовхувачів, агломашин, завантажувальних пристроїв доменних печей та інших).

Крім впливу температурних факторів на вибір методу зміцнення впливають і фізико-хімічні властивості (твердість, в’язкість, абразивність, агресивність та інше) робочих середовищ, з якими контактує обладнання.

Так, наприклад, знос робочих елементів однієї і тієї конструкції дробарки при подрібненні кремнію і вапняку буде різним. Отже, перш ніж вибрати конкретний метод відновлення чи зміцнення, слід де-

тально ознайомитись з причинами зносу і властивостями робочого середовища.

В роботі [29] приведена наближена класифікація деталей і вузлів обладнання в залежності від характеру дії на них умов робочого середовища.

Перша група. Підлягає хімічній і температурній дії й безпосередньо контактує з розплавленими металами і шлаками (виливниці, піддони, центрові, мульди розливних машин, ковші та інше). Функціонує при дії розжареного металу з його динамічним навантаженням при значних напруженнях (прокатні валки, ножі ножиць і диски пил порізки гарячого металу, ролики рольгангів, керни кліщових кранів, проводки прокатних станів). Сприймає дію розжаре-ного металу разом з ударними навантаженнями (деталі ковальських машин і маніпуляторів).

Друга група. Підлягає дії гарячих газів сумісно з абразивною дією колошникового пилу і шихтових матеріалів (деталі завантажувальних пристроїв доменних печей: конусів, чаш та інше). Піддається абразивно-термічній дії розплавлених металів і шлаків (насамперед, фурми доменних печей), знакозмінному навантаженню з одночасною дією високих температур розплавів (хоботи завалювальних машин мартенівських і електродугових печей).

Третя група. Зазнає дію завислого у повітрі пилу сумісно з підвищеною до 70 °C температурою (деталі мостових кранів і кранів загального призначення). Підлягає дії теплового випромінювання розжареного металу (деталі злитковозів, стриперних і колодязних кранів).

Четверта група. Підпадає під дію абразивних матеріалів при високій температурі (понад 600°C) (обладнання агломашин і коксовиштовхувачів). Функціонує при нормальній температурі в супроводі ударних навантажень (била молоткових дробарок і елементи деяких конструкцій млинів, щоки дробарок, броня млинів, зубці ковшів екскаваторів).

П'ята група. Підлягає дії значних зусиль, що призводять до високих питомих тисків (валки станів холодної прокатки тонкого листа).

Шоста група. Пізнає помірні навантаження і підвищений абразивний знос при звичайних температурах (відкриті передачі, зубчасті вінці млинів, змішувачів, ходові колеса, підтримні і напрямні ролики).

Отже, при виборі методів реставрації та захисту обладнання слід враховувати характер дії на нього умов робочого середовища.

В попередніх розділах досить детально висвітлено різноманітні методи, що можуть використовуватись при реставрації та захисті обладнання. Тому в цьому розділі розглянемо на конкретних прикладах лише найбільш доступний метод — метод наплавлення, а саме наплавлення деталей, що функціонують в умовах інтенсивного зносу.

Наплавлення здійснюється ручними і механізованими методами. Ручне наплавлення застосовується для підвищення зносостійкості і відновлення великої групи деталей. Основними особливостями, що відрізняють механічне наплавлення від ручного, є: неперервивність процесу, яка досягається використанням замість електродів кінцевої довжини дроту чи стрічки у вигляді великих мотків; підвід струму до електроду на мінімальній відстані від дуги (дозволяє застосовувати потужний струм без перегріву електродів); використання спеціальних пристроїв для подачі електродного матеріалу в дугу і механізмів для переміщення дуги чи наплавного виробу (а іноді те і інше). Як правило, механізоване наплавлення ведеться під шаром спеціального флюсу. Напротивагу ручному наплавленню, яке може використовуватись при відновленні будь-яких деталей за своєю конфігурацією і складністю, механізоване має обмежену сферу застосування через необхідність виготовлення під нього спеціального обладнання для кожного типу деталей та жорсткі вимоги до геометричної форми деталей.

Метод наплавлення визначає і матеріали для наплавлення (в одних випадках електроди виготовляються у вигляді прутків, а в інших — дроту чи стрічки). В обох випадках будуть розглянуті твердосплавні матеріали.

Наближена класифікація традиційних зносостійких наплавних матеріалів наведена на рис. 4.1. Розглянемо найбільш поширені матеріали [8, 28, 30].

Литі і спечені карбіди. До них відноситься сплав „Реліт“ у вигляді трубчастих електродів для наплавлення газовим полум'ям і у вигляді подрібнених зерен для наплавлення струмами високої частоти.

Литі тверді сплави. До них відносяться стеліти (В2К, В3К) і стелітоподібні сплави (Сормайт №1, Сормайт №2). Ці сплави являють собою розчин карбідів хрому в кобальті, нікелі чи залізі. Основою стелітів є кобальт, а стелітоподібних сплавів — нікель чи залізо. Сплави на залізній основі через наявність карбідів заліза більш крихкі,

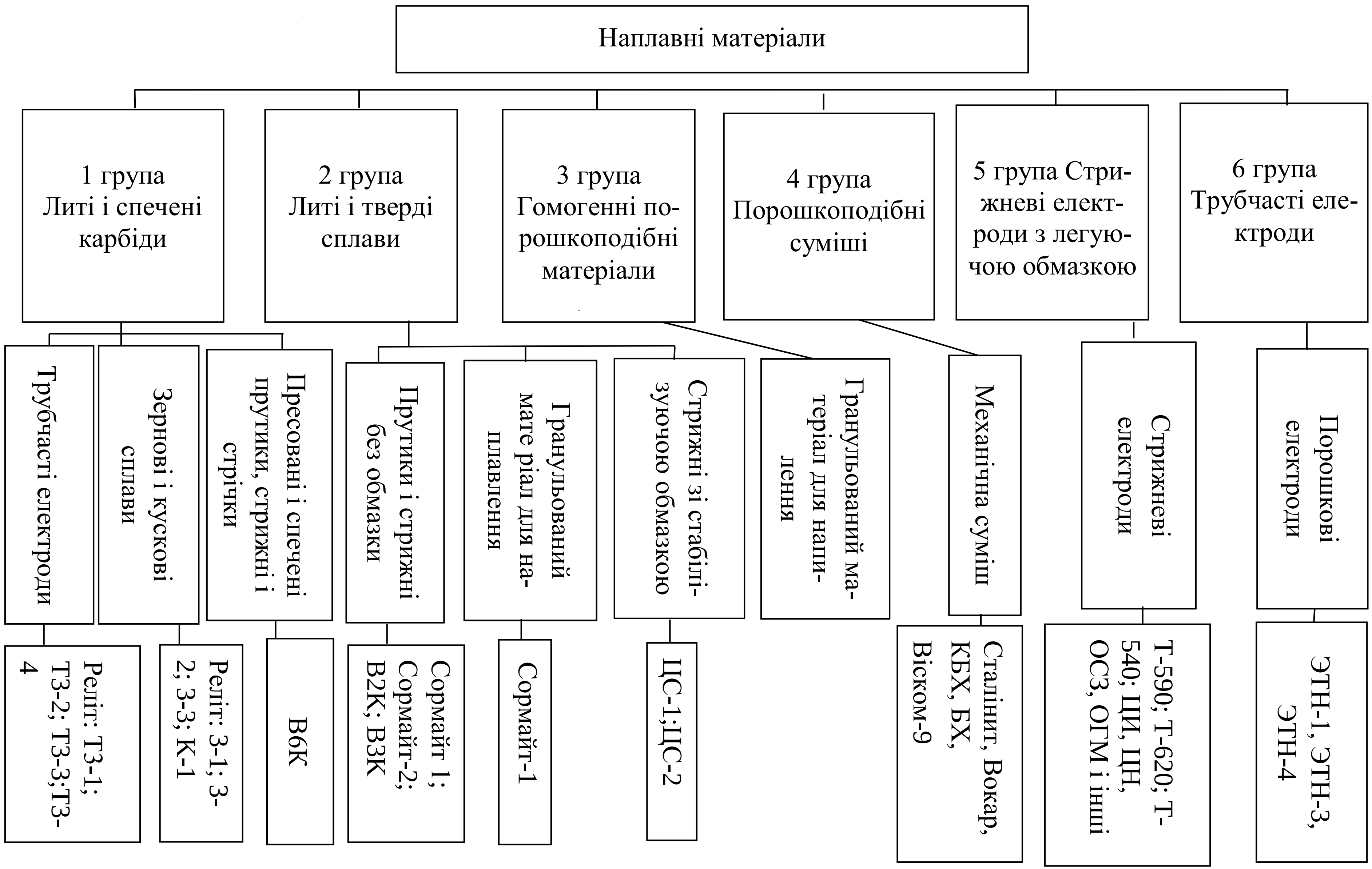


Рисунок 4.1 — *Традиційні зносостійкі наплавні матеріали*

ніж сплави на нікельовій основі, проте значно дешевші. Відливають стеліти і сормайти у вигляді прутків діаметром 3–7 мм і довжиною 350–450 мм. Стеліти мають більшу в'язкість і корозійну стійкість і широко застосовуються у світовій практиці для наплавлення деталей металургійного обладнання (конуси засипних пристроїв доменних печей, ножі гарячого різання, елементи клапанів і інше).

У вітчизняній практиці стеліти застосовують лише при відновленні поверхонь, що підпадають під дію ерозії, високих температур і агресивних середовищ.

Найбільш поширеним матеріалом для наплавлення деталей металургійного обладнання є *Сормайт №1* . Він по відношенню до *Сормайта №2* здатний зберігати свої властивості при більш високих температурах (до 850 ºС) і не піддається термічній обробці (відпалу і гартуванню). Наплавлені ним деталі піддаються лише обробці наждачними кругами. В наплавленому шарі *Сормайт №1* містить 25–30% Cr; 3,5–5% Ni; 1,5–3,3% С; до 1,5% Mn; 2,8–4,2% Si; 55–64% Fe.

Але досить широко використовується і *Сормайт №2*, який є в'язким і добре піддається термічній обробці (відпал і гартування). Після гартування при температурі 900°С і відпуску при 450 °С він має твердість до 62HRC і добру зносостійкість. Тобто він може використовуватись там, де, поряд з абразивною дією середовища, мають місце суттєві силові фактори.

Сормайтом, зазвичай, наплавляють шар товщиною 0,5–5,0 мм. Покриття товщиною більше 1,5 мм отримують переважно із декількох шарів, адже при покритті в один шар сплав перемішується з основним металом і втрачає свої характеристики.

Тими ж показниками (складом, властивостями), що і *Сормайт №1* і *Сормайта №2* , володіють відповідно *ЦС-1 і ЦС-2*, які виготовляються у вигляді стрижнів із стабілізованою обмазкою.

Зерноподібні (порошкоподібні) тверді сплави. До них відносяться *Вокар, Сталініт, Віском-9 і боридні суміші*, які являють собою механічну суміш з одного чи декількох металів із вуглецем і боридами. При розплавленні електродом утворюється сплав — твердий розчин карбідів (для боридних сумішей і боридів) цих металів у залізі.

Вокар є механічною сумішшю подрібненого вольфраму з вуглецем і в наплавленому шарі утворюється такий склад елементів: 9–10% С; до 3% Si; 85–87% W і до 2% Fe. Наплавлений шар *Сталініту* має інший склад, а саме: 8–10% С; 20% Cr; 17% Mn і до 3% Si.

Метал, наплавлений *Вокаром*, має більшу твердість, зносостійкість і крихкість, ніж метал, наплавлений *Сталінитом*. Перший шар наплавлення Вокаром має твердість 56–58HRC, другий — 61–63HRC. Твердість одношарового сталінитного наплавлення 50 HRC, двошарового — 56–57 HRC.

Метал, наплавлений *Вісхомом–9* (його шихта складається із 74% подрібненої стружки сірого чавуна, 15% феромарганцю, 5% ферохрому, 6% сріблистого графіту, зв'язаних між собою розчином рідкого скла з водою), має твердість 55–56 HRC. Його зносостійкість в 1,6 рази нижче, ніж металу, наплавленого електродами *Т-590*. Проте сплав володіє високою рідкісністю, що дозволяє виконувати наплавлення тонким і рівномірним шаром.

Боридна суміш БХ являє собою механічну суміш, що складається з 50% борида, 50% залізного порошку. *Борид хрому* містить біля 0,85% вуглецю, 80,9% хрому і 18,2% бору. Наплавлений шар складається із 12% C; 35% Cr; 7,6% B; 52,2% Fe. Твердість шару складає 82–84 HRC, а його зносостійкість в 2–3 рази вище, ніж зносостійкість наплавлення Сталінитом.

Наплавна суміш КБХ складається з 60% ферохрому, 30% залізного порошку, 5% карбіду хрому і 5% бориду хрому. Твердість наплавленого шару 78 HRA. Зносостійкість шару КБХ є проміжною між сумішю БХ і Сталінитом і перевершує останній в 1,5 рази.

Металеві електроди. Для відновлення розмірів зношуваної деталі використовують електроди, що забезпечують склад наплавленого шару, близький до матеріалу деталі. В цьому випадку застосовують стандартні зварювальні електроди. Проте, якщо для надання наплавленому шару властивостей, відмінних від властивостей основного металу деталі, застосовують спеціальні електроди, на розгляді яких і зупинимось. Вони мають спеціальне покриття (обмазку), в склад якого входять компоненти для легування наплавленого металу і його розкислення, подрібнення зерна і покращення структури, утворення шлаків з певними властивостями, захисту наплавленого металу від шкідливої дії повітря шляхом утворення захисних газів, стабілізації дуги, підвищення швидкості наплавлення електродів та інше [30]. При цьому температура плавлення обмазки є близькою до температури плавлення металевого стрижня електрода.

До спеціальних електродів відносяться: *ЦС-1 і ЦС-2* (мають такі ж властивості, що *і Сормайт №1 і Сормайт №2); ЦИ* (твердість після

термічної обробки — 62–65 HRC); *ЦН* (твердість після гартування з відпуском — не менше 50 HRC); *Т-540* (після гартування при температурі 850–950°С у маслі і відпуску при температурі 200–250 °С твердість складає 57–60 HRC).

Найбільш широко для наплавлення деталей металургійного обладнання застосовуються електроди марок *Т-590 й Т-620,* які забезпечують отримання наплавленого металу високої твердості і зносостійкості за рахунок введення в покриття феробору, карбіду бору та графіту. Вони являють собою металеві стрижні з маловуглецевого зварювального дроту діаметром 5–6 мм і довжиною 450 мм, покритого легуючою обмазкою. Твердість наплавленого шару електродами *Т-590* складає 58–62 HRC без термічної обробки, якій він і не підлягає. Поверхня обробляється лише абразивним інструментом.

Електроди *Т-620* забезпечують більшу в'язкість наплавленого металу, ніж електроди *Т-590* (твердість без термічної обробки 56–60 HRC), тому їх застосовують для наплавлення деталей, що сприймають ударні навантаження.

Порошкові електроди. Ці електроди, виготовлені з порошкового дроту, головним чином, використовуються для механізованого наплавлення під шаром флюсу. В склад покрить електродів, зазвичай, входять мармур, плавиковий шпат, феротитан, феросиліцій, ферохром, рідке скло та інші компоненти. В табл. 4.1 наведено хімічний склад і властивості наплавленого металу найбільш поширених на цей час наплавних порошкових дротів [8].

Важливою рисою представлених у таблиці матеріалів є те, що після наплавлення основний метал середнього ступеня легованості здобуває властивості металу більш високого ступеня легованості і, отже, більшої вартості.

Таблиця 4.1 — *Хімічний склад і властивості наплавленого металу*

Марка дроту	Склад елементів, %							Властивості наплавленого металу
	C	Si	Mn	Cr	W	V	TI	
ПП-3Х2В8 ПП-4Х2В8 ПП-5Х4В3Ф	0,60 0,70 0,75	0,3 0,3 0,35	1,45 1,45 1,7	2,8 2,8 5,0	9,75 3,5 1,3	0,3 0,7 0,3	– – –	Зносостійкість при підвищених температурах і високих тисках

Закінчення таблиці 4.1

ПЭ-6Х3В10 ПП-Х12ВФ ПП-Х10В14	0,49 2,4 4,5	– 0,4 0,5	– 0,6 0,4	2,94 15,0 11,0	10,4 1,3 16	0,25 0,30 –	– – –	Зносостійкість при ударному і абразивному зносі
ПП-30Х10Г10Т	0,35	0,4	13	12	–	–	–	Зносостійкість при рідинній корозії, ерозії і кавітації
ПП-Р18 ПЭ-Р9	1,3 0,85	0,5 –	0,4 –	4,6 4,1	20,0 9,95	1,40 2,12	1,0 1,0	Стійкість наплавленого інструменту при різанні металів
ПП-Г-13-0	1,0	0,3	13,0	–	–	–	–	Підвищена зносостійкість в умовах абразивного зносу при ударних навантаженнях

Наприклад, при наплавці деталі, виготовленої зі сталі 3Х2В8, електродами типу ПЭ-6Х3В10 хімічний склад наплавленого шару відповідає сталі 5Х3В10. Твердість металу, наплавленого електродами ПЭ-6Х3В10, після гартування складає 60–61 HRC і 63–64 HRC після додаткового відпуску при температурі 580 °С. Таке явище пов'язане з дисперсійним затвердінням сплаву, при якому відбувається виділення дисперсних карбідів ванадію (V) і хрому (Cr) і перетворення залишкового аустеніту в мартенсіт.

Найбільш дешевими і доступними наповнювачами порошкових електродів є доменний феромарганець і сталінит. За один прохід електродами з феромарганцевим наповнювачем наплавляється шар товщиною до 6мм [30]. Наплавлений метал при питомому навантаженні понад 500 МПа в процесі експлуатації деталі отримує наклеп, внаслідок чого різко зростають його твердість і зносостійкість.

Важливою рисою порошкових електродів є те, що ударну в'язкість і зносостійкість наплавленого металу можна регулювати зміненням хімічного складу наповнювача. Якщо, наприклад, у наповнювач

добавити карбід вольфраму чи бору, то зносостійкість наплавленого металу зросте на 25–35%, а в'язкість практично не зміниться.

На даний час ІЕЗ ім. Є.О. Патона (ИЭС) розроблена гамма нових порошкових дротів: ПП-Нп-25Х5ФМС; ПП-Нп-30Х2М2НФ; ПП-Нп-45Х4В3ГФ; ПП-Нп-35В9Х3СФ; ПП-Нп-30Х4В2М2СФ, а також порошкова стрічка ПЛ-АН 183.

Поряд з цим розроблено принципово новий самозахисний дріт феритного класу марки АН 190, який призначений для наплавлення виробів з високовуглицевих важко зварювальних сталей. Його можна застосовувати для наплавлення як робочих, так і проміжних шарів.

Для наплавлення деталей зі сталі Гатфільда (елементів рейкових шляхів, деталей дробарок і млинів, відновлення розмірів і виправлення дефектів лиття) тим же інститутом розроблена технологія напівавтоматичного наплавлення і порошковий самозахисний дріт марки ПП-АН 105, який забезпечує отримання наплавленого металу високої пластичності і в'язкості. Його твердість після наплавлення 180–200 НВ, після наклепу — до 400 НВ. В наклепаному стані він володіє дуже високою зносостійкістю в умовах, коли знос супроводжується сильними ударами чи високими контактними тисками. Спосіб і обладнання для його здійснення доведені до промислового застосування.

Для виготовлення оболонки порошкового дроту використовується низьковуглицева стрічка зі сталі марок 08 чи 10. Оболонка формується шляхом неперервного скручування в трубку стрічки (технологія інституту Є.О. Патона) з одночасним заповненням порошком і волочінням для зменшення діаметра. Стрічка скручується в трубку в стик шляхом протягування через фільєр з твердого сплаву чи металокераміки. Перед фільєром на стрічку подається порошок, що підлягає запресовці.

Для наплавлення плоских поверхонь і тіл обертання великого діаметра більш ефективним є використання порошкової стрічки. Її виготовляють з двох тонких штабок (смужок), які пропускають через спеціальні ролики для гофрування у напрямках повздовж і поперек. Порожнина між штабами заповнюється порошком з наступним загортанням країв.

При зварюванні порошковим дротом чи стрічкою велику роль відіграють флюси, адже від їх властивостей залежить стійкість дуги, щільність наплавленого металу, відокремленість шлакової кірки, виділення шкідливих газів та інше.

Найбільш поширеними традиційними флюсами є: *високомарганцеві* (АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-60 — для наплавлення маловуглецевих, середньовуглецевих і низьколегованих сталей); *низькокремнисті безмарганцеві* (АН-20, АН-28, АН-30, АН-25, 48-ОФ-6 — для наплавлення високолегованих сталей з невеликим вмістом марганцю); *низькокремнисті марганцеві* (А-10, АН-10А, АН-26 — для наплавлення сталей і сплавів з високим вмістом марганцю. Винятком є АН-26, який застосовують і для наплавлення хромонікелевих сталей електродною стрічкою); *спеціальні* (АНФ-1, АНФ-5, АН-8, АН-22, АН-25 — для наплавлення електрошлаковим методом); *керамічні* (КС-Х12Т, КС-Х12М — для наплавлення деталей, що підпадають під інтенсивний знос).

В технологіях, розроблених інститутом Є.О. Патона, також передбачено використання флюсів марок А-26П, А-26ПУ2 при наплавленні деталей, що функціонують в умовах високих температур і питомих тисків.

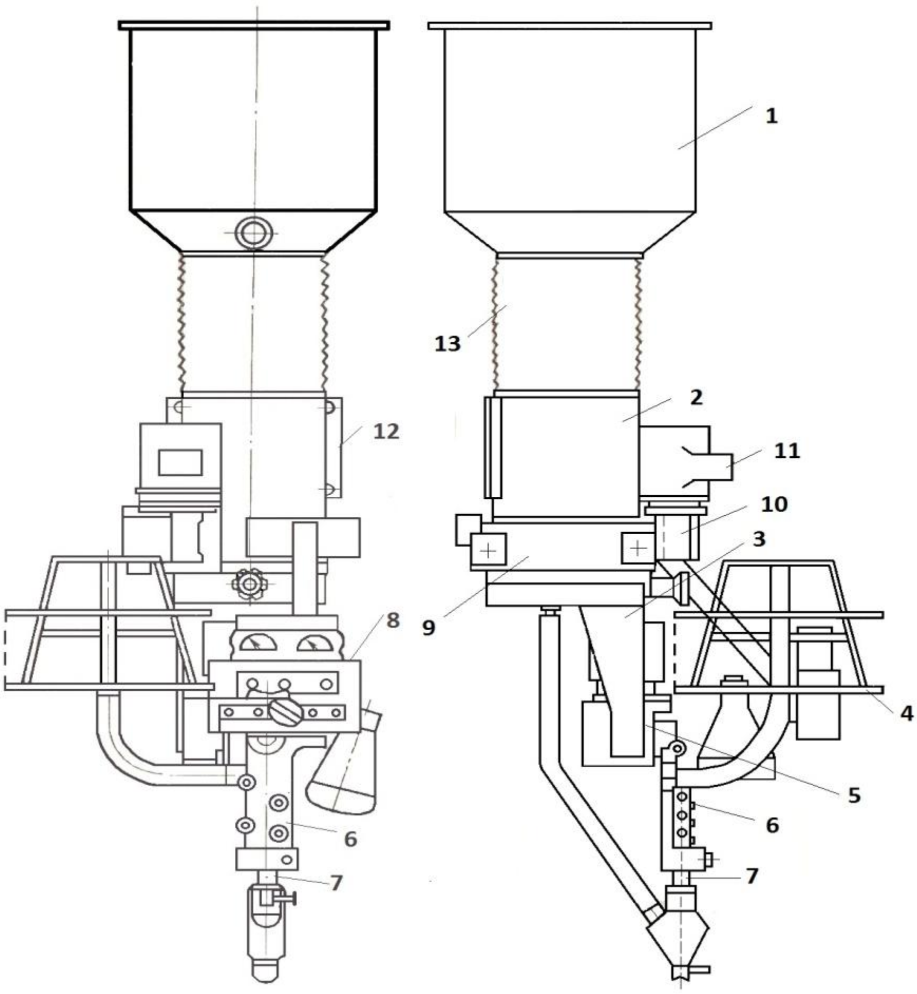
2. МЕТОДИ І ЗАСОБИ РЕМОНТІВ

Як відмічалось в п.1 цього розділу, на практиці використовується ручне і механізоване наплавлення. При ручному наплавленні застосовують зварювальні трансформатори різних типів і потужностей: СМГ-26, СМГ-2г, СМГ-2д, ПАС-300, СПГ-3-VI, СПМ-3, для живлення дуги постійним струмом): СТЭ-22, СТЭ-32, СТЖ і інші (для живлення дуги змінним струмом).

В комплект обладнання для механізованого наплавлення входять: наплавний апарат, наплавні верстати і установки, джерела живлення дуги (зварювальні перетворювачі чи трансформатори), нагрівні пристрої (індуктори), обладнання для повільного охолодження наплавлених деталей (колодязі, печі), контрольно–вимірювальна апаратура. Серед численних розробок (самохідний зварювальний апарат АБС, зварювальні трактори ТС-17М, напівавтомати ПШ-5, ПШ-54, А-537) найбільш зручними у використанні є спеціальні наплавні апарати конструкції інституту електрозварювання (А-384, А-384М, А-513, А-578, А-814, А-814М, А-874Н, А-985).

На металургійних підприємствах найбільшого поширення набув наплавний апарат А-384, що призначений для наплавлення під шаром флюсу одним, двома чи трьома електродними дротами діаметром 2–

5 мм або електродною стрічкою товщиною 0,4–0,8 і шириною 20–100 мм (рис. 4.2).



1 — флюсобункер; 2 — штанга; 4 — котушка; 5 — механізм подачі дроту (стрічки); 6 — плавильний пристрій; 7 — мундштук; 8 — пульт управління; 9 — корпус штанги; 10 — черв'ячний редуктор; 11 — електродвигун; 12 — фланець кріплення апарата; 13 — порожнистий циліндр.

Рисунок 4.2
Схема наплавного апарату А-384

Для можливості переходу з електродного дроту на стрічку апарат комплектується приставкою. При цьому передбачена можливість змінення режимів наплавлення.

Механічне обладнання металургійних заводів дуже різноманітне як за призначенням, так і будовою. На підприємствах є біля 800 видів основного технологічного обладнання з декількома десятками тисяч

підвидів. Причому переважна його більшість функціонує в несприятливих умовах, коли робочі елементи інтенсивно зношуються, через що неможливо в даному посібнику висвітлити всі ті методи, що застосовуються при реставрації і захисті цього обладнання. Тому обмежимось розглядом лише окремих об'єктів, що можуть слугувати в якості аналогів для іншого обладнання.

МОЛОТКИ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК

Основними вимогами, що направлені на забезпечення високої працездатності молотків, є стійкість проти стирання і частих ударних навантажень. Цим вимогам, як показала практика, цілком відповідає біметалевий молоток, що виготовлений з порівняно дешевого пластичного металу (наприклад, штампована заготівка зі сталі С-5) з робочою поверхнею, наплавленою зносостійким сплавом.

Застосовуються декілька матеріалів для наплавлення: відбілений чавун; сталінит; титано-боридна суміш з карбідами хрому (ТБКХ 10Г), титано- боридна суміш і сілецид молібдену (ТБС-1, ТБС-2). Кращі результати відбуваються при наплавленні молотків сумішшю ТБКХ-10Г.

Для механізованого наплавлення молотків інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблено спосіб і обладнання для наплавлення у середовищі вуглекислого газу за допомогою автомата А-537М. Тут застосовується метод примусового формування наплавленого металу, при якому наплавна частина молотка обмежена з 4-х боків мідною формою — кокілем, що охолоджується водою. В якості наплавного металу використовується порошковий дріт марки ПП-У45Х23Г6Т. Твердість наплавленого шару складає 54–57 HRC. При цьому стійкість молотків зростає в декілька разів по відношенню до молотків, які наплавлено вручну електродами з обмазкою сталінитом.

Для підвищення стійкості молотків вченими кафедри металургійного обладнання ЗДІА проведені дослідження, на підставі яких запропоновані молотки принципово нової конструкції з чотирма робочими гранями, що самозаточуються під час експлуатації. При цьому кількість центральних ударів не зменшується, що дозволяє мати постійну продуктивність дроблення на протязі всього терміну використання молотка. Самозаточування забезпечує кут нахилу верхньої площини молотка до її бокової площини. Цей кут нахилу залежить від матеріалу, що подрібнюють, маси молотка та числа обертів ротора і може бути розрахований аналітичним шляхом.

Крім того, в якості матеріалу для виготовлення молотків шляхом лиття запропоновано матеріал 27ХГСНДТМЛ, який після відповідної термічної обробки має зносостійкі властивості (вищі ніж сталей 65ХГСЛ та 110ГВЛ).

ВАЛКИ КОКСОВИХ ДРОБАРОК

Через високі абразивні властивості коксу валки коксових дробарок зношуються значно швидше, ніж валки дробарок іншого призначення.

Основними елементами, що зношуються у чотиривалкових коксових дробарок, є бандажі валків. Щоб стала зрозумілою проблема, пов’язана зі стійкістю бандажів, відмітимо, що стійкість кованих бандажів зі сталі 40Х складає лише 7 діб.

При ручному наплавленні електродами ЦС-1 досягли стійкості відновленого бандажа до 30 діб. Проте тривалість наплавлення одного бандажа складає 22–25 годин. Отже значно доцільніше в цьому випадку використовувати механізоване наплавлення бандажів.

Механізоване наплавлення здійснюють або безпосередньо в робочій кліті, або на спеціальному стенді, який встановлюється біля дробарок, що запобігає зняттю опорних букс з валків.

При наплавленні валків безпосередньо в кліті застосовують порошковий дріт із внутрішнім захистом марок ПП-У15Х12М і ПП-У20Х12В3Ф-0, а при наплавленні під флюсом на окремій установці — порошковий дріт марки ПП-У25Х25НЧСЧ (наплавлений метал відповідає властивостям Сормайту № 1).

Результати наплавлення приведені в таблиці 4.2 [8].

Таблиці 4.2 — *Результати наплавлення валків коксових дробарок*

Марка електродного матеріалу	Спосіб наплавлення	Твердість HRC	Термін служіння валків, діб
ПП-У15Х12М	Ручний Автоматичний без захисного газу і флюсу	48–54 40–45	28–30 18–20
ПП-У20Х12В3Ф-0	Автоматичний без захисного газу і флюсу	45–50	22–25
ПП-У25Х25НЧСЧ	Автоматичний під шаром флюсу АН-20	48–54	30–35

КОЛОСНИКИ І РЕШІТКИ ГРОХОТІВ

В особливо несприятливих умовах перебувають грохоти агломераційних машин, колосники яких підлягають інтенсивній дії абразиву і високих температур. Тому поточні ремонти грохотів проводяться через кожні 2–3 місяці.

Для виготовлення колосників, зазвичай, застосовують високолеговані сталі 25Х23Н7СЛ, Х25Н20С2, 2Х13Л, Х28, Х9С2М та інші. Але, як свідчать деякі технічні джерела, довговічність грохотів при цьому менше міжремонт-ного періоду агломашини, що, крім застосування більш ефективних матеріалів, вимагає пошуків технічних рішень стосовно прискореної заміни грохотів.

Що ж стосується наплавлення колосників зносостійкими матеріалами, то тут відмічено деякі позитивні результати. Так, наприклад, стійкість колосників при наплавленні їх порошковим дротом ППАН-124 діаметром 2,8 мм (при струмі 500–520 А, напрузі 28–30 В, швидкості подачі електроду 210 м/ч) підвищилась у 2,5 рази в порівнянні з незміцненими. Також встановлена й ефективність застосування зносостійкого сплаву У30Х25РС2 (подібного за властивостями сплаву Т-590).

ЗІРОЧКИ І КОЛОСНИКИ ДРОБАРОК АГЛОМЕРАТУ

Для подрібнення гарячого агломерату, зазвичай, застосовуються одновалкові зубчасті дробарки, які розташовуються безпосередньо за розвантажувальною частиною агломашини.

Найбільш зношуваним елементом цих дробарок є зубці зірочок.

Для підвищення стійкості зірочок достатньо ефективним заходом є наплавлення поверхні їх зубців твердим сплавом Т-590, що збільшує термін служіння зірочок у 2,2 рази.

Для підвищення стійкості колосників застосували наплавлення їх робочої поверхні порошковим дротом ПП-3Х2В8 шаром товщиною 7–8 мм. Завдяки цьому, як вказано в роботі [8], стійкість колосників досягає декількох міжремонтних періодів роботи агломашини. А щоб запобігти деформації колосників під час наплавлення, діяли таким чином: спочатку колосник наплавили з одного кінця на ділянці 120–150 мм, а потім наплавили колосник з іншого кінця на таку ж довжину і так чергували місця наплавлення до завершення роботи.

ЗІРОЧКИ ПРИВОДІВ АГЛОМАШИН

Відомий спосіб наплавлення зубців зірочок з напівавтоматичним наплавленням порошкового дроту ПП-АН-3 ванним способом [8]. Для попередження розтікання розплавленого металу під час наплавлення навколо зубця установлюється форма зі сталевих пластин, які потім легко відділяються. Контроль за геометрією зубців і відстані між ними здійснюється спеціальним шаблоном.

Застосування цього металу, як заявляють його автори, дозволяє збільшити міжремонтний період. Проте, на наш погляд, на сьогодні є більш ефективні наплавні матеріали, але їх практичне застосування потребує довгочасних досліджень.

НОЖІ ДЛЯ ЗРІЗУВАННЯ АГЛОМЕРАТУ

При зносі ножів утворюється зазор між стрічкою машини і ножем, який згодом досягає такої величини, що ніж не в змозі зрізувати весь агломерат зі стрічки. В цьому випадку частина агломерату розсипається, чим і порушується нормальна робота стрічки. Проблема усугубляється тим, що заміна ножів являє собою трудомістку операцію, яка може використовуватись лише під час тривалої зупинки стрічки, оскільки через високі температури добратись туди неможливо.

Відомі методи наплавлення ножів електродами Т-590, Сталінитом і боридною сумішшю (по відношенню до Сталініту стійкість ножів зросла приблизно на 70%).

БРОНЯ СКІПІВ СКІПОВОГО ПІДЙОМНИКА

Скіпи футеруються листами з гладкою поверхнею чи плитами з чарунками розміром приблизно 100×100 мм і глибиною 50 мм. Як показала практика, футерування плитами є більш ефективним, оскільки термін служіння плит зростає у 3–3,5 рази. Це пояснюється тим, що плита з чарунками в процесі роботи забивається шихтовим матеріалом (самофутеровка), який захищає поверхню плит від зносу.

Броньові листи наплавляють Сталінитом (твердість 56–57 HRC). Для попередження коробления їх вигинають в бік, протилежний наплавленому, а наплавлення ведуть ділянками в певній послідовності. Крім Сталініту наплавлення здійснюють Сормайтом №1, електродами Т-590.

Наплавлення броньових плит здійснюють Сормайтом № 1 і електродами Т-590 і Т-620 при введенні в їх покриття феробору, карбіду

бору і графіту, що забезпечує отримання наплавленого металу високої твердості і зносостійкості. Крім цього ще застосовуються електроди ЦС-1, що мають властивості Сормайта № 1.

СКЛАДОВІ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ

Інтенсивному зносу, перш за все, підлягають завантажувальна воронка, конуси, їх штанги і чаші.

Середній термін служіння малого конуса дорівнює 1–1,5 рокам, а великого конуса — 2–2,5 рокам.

В конусах зношуються зовнішні поверхні по утворюючій конуса. У великому конусі знос поширюється концентричним поясом шириною 1200–1200 мм на відстані біля 350 мм від пружка усіченої частини. На знос великого конуса суттєво впливає його розгойдування при маневруванні через нерівномірне зсипання матеріалу і ударів по чаші під час закривання.

Малий конус обертається відносно своєї воронки, внаслідок чого утворюються щілини в контактній поверхні конуса. В чаші , крім стирання внутрішньої контактної поверхні, виникають деформації внаслідок повзності металу.

Максимальну абразивну дію на конуси чинить кокс і агломерат. Крім того, в деяких випадках внаслідок газової ерозії по краям великого конуса утворюються продуви, які швидко розростаються під дією струменю насиченого пилом газу. Умови роботи розподільника шихти і малого конуса ще гірші.

Для зміцнення цих деталей застосовуються різноманітні методи наплавлення. Але в будь-якому випадку необхідно виходити з того, що крім отримання доброї зносостійкості поверхонь конусів і чаш зберігалась їх належна пружність, за рахунок якої досягається необхідна герметичність стикування конусів і чаш. Тобто, чаша має бути пружною, легко деформуючись (в границях пружності) в момент притискання до неї конуса під дією контр-ваги. При порушенні герметичності через зазор спрямовуються гарячі гази, насичені абразивом, які роз’їдають стиковочні пояси і утворюють на них продуви (раковини), що спричиняє до швидкої відмови засипного апарата. Герметичність може порушуватись і за рахунок короблення контактного поясу від нерівномірного нагріву.

В цих умовах найбільш ефективним є використання для наплавлення композиційного сплаву (реліт + мельхіор), котрий володіє високим коефіцієнт-том температуропровідності (характеризує швидкість вирівнювання температу-ри в нерівномірно нагрітому тілі), що сприяє зменшенню залишкової деформації конуса і чаші в 3–4 рази в порівнянні з наплавленим твердим сплавом типу «Сормайт» [8].

Важливою рисою композиційного сплаву (реліт + мельхіор) є високі пластичні властивості зв'язків (мельхіору), що забезпечує добру щільність між контактними поверхнями великого конуса і чаші. Адже, чим менше модуль пружності E, тим менше поперечна жорсткість чаші при інших однакових умовах. Враховуючи, що E сплаву мельхіор МНМц-60-20-20 у два рази менше ніж сплавів, наплавлених порошковими стрічками ПЛ-АН-101 і ПЛ-АН-111, то і поперечна жорсткість такої чаші буде менше і, отже, щільність контакту краще.

Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона і Інститутом проблем матеріалознавства НАН України для наплавлення запропоновано технологію з використанням карбідохромової порошкової стрічки ПП-АН-110, композиций-ний сплав на основі карбідів вольфраму, і електродів КХН-15. Практичне застосування методу засвідчило, що зносостійкість деталей при цьому в 2–3 рази вище зносостійкості деталей, наплавлених сплавом Сормайт №1.

Для наплавлення конусів і чаш використовуються різноманітні установки. Одна з них (Р-802) створена Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона (рис. 4.3). Хоча цій установці вже не один десяток років, але вона з деякими удосконаленнями використовується і сьогодні.

Конус 1 установлюється краном на три опори таким чином, щоб його утворююча в місці наплавлення була розташована горизонтально, що створить сприятливі умови для процесу наплавлення, забезпечить мінімальний припуск на механічну обробку і необхідну якість наплавленого шару.

В нижній частині в якості опор слугують двоє роликів 2, зв'язаних кінематично між собою. Ролики установлені на супортах 3 і 4, які при необхідності можна зміщувати, регулюючи тим самим положення конуса.

Верхньою опорою слугує холостий (неприводний) ролик 6, закріплений на гільзі 7, на якій змонтовано поворотний балкон 8 з траверсою 9. Наплавний триелектродний апарат А-513 установлено на супорті траверси. Ходовий гвинт механізму горизонтального переміщення

наплавного апарата кінематично зв'язаний з роликом 6, який приводиться в рух конусом, і забезпечує переміщення на крок наплавлення за один оберт конуса. Крокову подачу апарата в межах 10–50 мм налагоджують за допомогою змінних шестерен. Флюс надходить із контейнера 11.

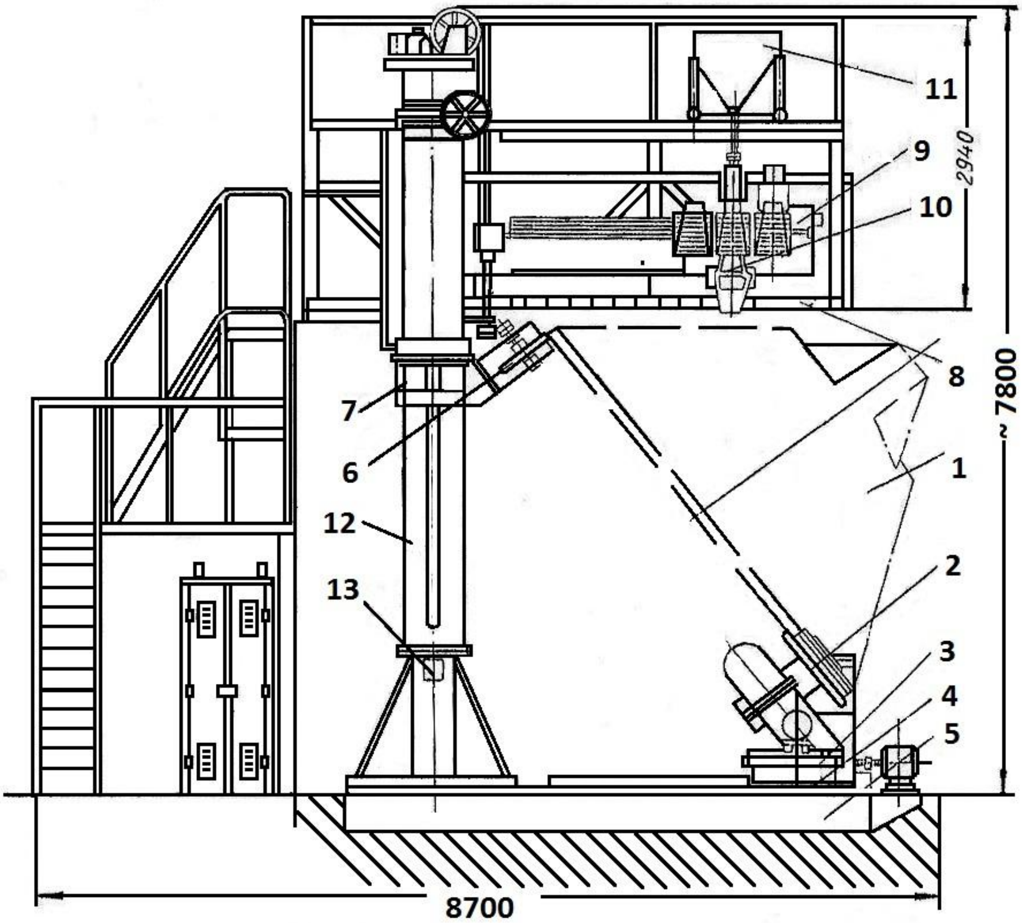


Рисунок 4.3
Схема установки Р-802 інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона

Гільза разом з балконом і закріпленим на ній апаратом переміщується за допомогою спеціального механізму вертикально впродовж колони 12. Приводні ролики приводяться в рух від електродвигуна через редуктори. Необхідне положення роликів визначається діаметром наплавного конуса.

Важливою рисою установки є те, що вона передбачає наплавлення конусів різних розмірів.

Зовсім інше конструктивне рішення має установка конструкції комбінату «Запоріжсталь» для наплавлення великих конусів (рис. 4.4). Важливою рисою установки є те, що в ній передбачено підігрів конусів.

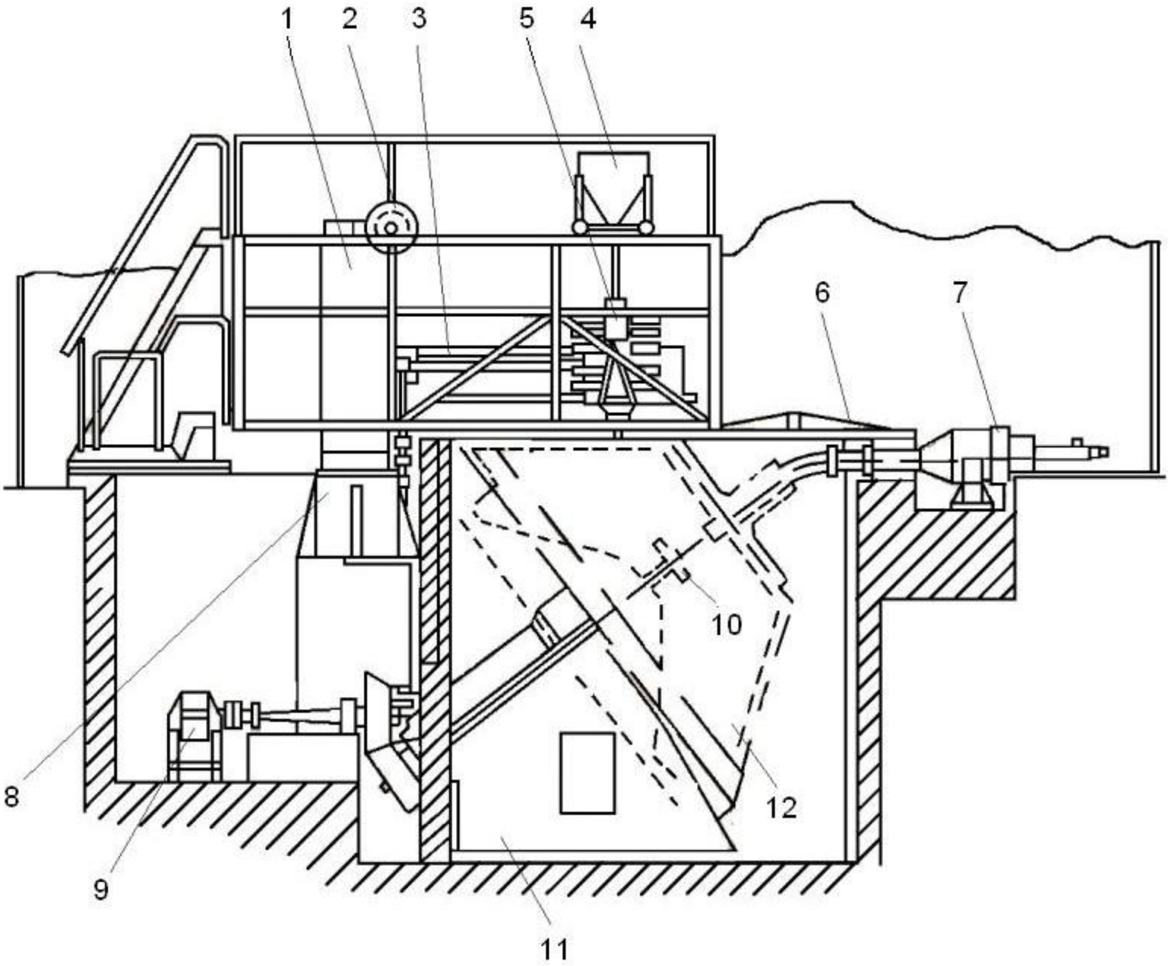


Рисунок 4.4

Схема установки комбінату «Запоріжсталь» для наплавлення великих конусів

Основними складовими установки є : колона 1, що спирається на опору 8 і обертається на певний кут за допомогою привода 2, траверса 3, що закріплена на колоні, візок для флюсу 4 з наплавним апаратом 5, запобіжний кожух 6, пальник 7, привод обертання 9 конусів. Приводна похила штанга з посадженим на неї конусом 12 розташовується у футерованій камері 11.

Як і в попередній установці кут нахилу штанги вибирається таким чином, щоб забезпечувати горизонтальне положення твірної конусу.

Для наплавлення малих конусів також використовується різноманітне обладнання, зокрема установки Б, БМ, УМН. При цьому конус установлюють на планшайбі маніпулятора більшим діаметром за допомогою пристосувань, потім конус нахиляють до тих пір, поки твірна конусу не займе горизонтальне положення.

Для наплавлення чаш використовуються дещо модернізовані лобові токарні верстати спеціально розроблені для цієї мети установки (наприклад, установка У-125 М конструкції Інституту ім.. Є.О. Патона).

Штанги великих конусів зношуються, головним чином, на двох ділянках: в зоні верхнього сальника і нижнього ущільнення штанги малого конуса. При цьому доведено, що зміцнення штанг буде доцільним лише у тому випадку, коли термін служіння великого конусу і чаші досягає тривалості експлуатації штанг.

БУРИ ДЛЯ РОЗКРИТТЯ ЧАВУННИХ ЛЬОТОК ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ

Особливі вимоги до зносостійкості робочих поверхонь бурів постають при бурінні безводних льоточних мас. На основі ґрунтовних досліджень і даних практики встановлено, що в таких випадках доцільно використовувати бури, зміцнені шляхом їх наплавлення релітом [8]. Наплавка релітом здійснюється вручну газозварним пальником з застосуванням бури. Поверхню, що підлягає наплавленню, підігрівають газозварювальним пальником до температури 600–650°С. Різальна кромка бура формується допоміжною пластиною. На розкриття льотки витрачається в середньому 2–3 хвилини і один бур (при наплавленні іншими матеріалами витрачалось на одне розкриття декількох бурів).

ХОБОТИ ЗАВАЛЮВАЛЬНИХ МАШИН

Хоботи завалювальних машин, як ніяке інше обладнання плавильних цехів, потребують першочергового зміцнення шляхом наплавлення зносо- і термостійкими матеріалами. Для наплавлення використовуються різноманітні матеріали, як то: Сталініт, Сормайт №1, електроди Т-590, електроди зі сталі ЭИ701 з стабілізуючою обмазкою та інше. Кращі наслідки приносить використання електродів зі сталі ЭИ701 [30]. Але слід звернути увагу і на останні розробки Інституту електрозварювання ім.. Є.О. Патона, які володіють унікальними технологіями наплавлення.

Для виконання наплавлення хобот має розташовуватись таким чином, щоб поверхня, що підлягає наплавленню, займала горизонтальне положення.

КЕРНИ КЛІЩОВИХ КРАНІВ ПРОКАТНИХ ЦЕХІВ

Керни кліщових кранів функціонують у вкрай тяжких умовах, а саме, в умовах циклічного навантаження і циклічного нагріву — охолодження. Керни розігріваються до 1000–1200°С, тому після транспортування 4–6 злитків їх мають охолоджувати шляхом занурення кліщовин у бак з водою. На більшості підприємств керни виготовлені зі сталі 45 з електрошлаковим наплавленням носкової частини сталлю 3Х2В8. Термін служіння кернів при цьому складає 3–4 години (іноді 8 годин) [8]. Наведені результати вказують на відкритість проблеми стосовно розробки більш ефективного методу підвищення стійкості кернів.

РОЛИКИ РОЛЬГАНГІВ І СТАНИН ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Ролики рольгангів виготовляються кованими, порожнистими зі сталей 40 та 50, а більш навантажені станинні ролики — цільнокованими зі сталей 50Х, 40ХН. Найбільш зношуваними частинами роликів є посадкові шийки (опори) і робочі бочки, що контактують з металом, який прокатується.

Наплавлення шийок і порожнистих бочок роликів рольгангів роблять вуглецевими сталями 35, 40 і 50 без попереднього підігріву і наступної термообробки. При цьому використовують електродний дріт $С_В$-08, $С_В$-08А, 30ХГСА діаметром 3–4 мм [8].

Станинні ролики, що виготовляються з легованих сталей і їм подібних, наплавляють з попереднім нагрівом у печі чи газовим полум’ям до 300 °С. Наплавлення проводять під шаром флюсу АН–348 А. Механічну обробку здійснюють на токарних верстатах.

Поряд з вказаними наплавними матеріалами при механізованій наплавці (на установках УМН–4, УМН–10 та інших пристосуваннях) використовують дріт зі сталей 45, порошковий дріт ПП–3Х2В8 і в рідких випадках маловуглецевий дріт Х20Н10Г5.

Для підвищення зносостійкості роликів, наплавлених сталями 45 і 30ХГСА, їх піддають після механічної обробки газополум’яному гартуванню.

ВАЛКИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Технологія наплавлення і марка наплавних матеріалів визначаються типом прокатного стана (блюмінг, слябінг, сортовий, листовий і т. д.).

Ефективність наплавлення валків блюмінга залежить від якості наплавного металу, його хімічного складу і механічних властивостей. Оскільки наплавляють, як правило, остаточно зношувані валки з повним видаленням дефектів (сітка розгару, кільцеві тріщини), то витрати електродного дроту можуть досягати значних розмірів (до 7–9% від маси валка). Тому наплавлення проводять в декілька прийомів, виходячи не тільки з якості наплавлення, а й з міркувань оптимальних витрат на наплавний матеріал.

Глибокі кільцеві тріщини заплавляються найбільш дешевим і доступним дротом діаметром 5 мм марки СВ–8А. Спрацьований шар наплавляють дротом зі сталі марки 30ХГСА діаметром 3,5–4 мм, а основний робочий шар товщиною 5 мм — хромовольфрамовим дротом марки ПП–3Х2В8 діаметром 3,6 мм і останній технологічний шар товщиною 3 мм — знову дротом зі сталі 30ХГСА (покращує умови захвату металу валка і обробки валка різанням).

Наплавлення дротом марок СВ–8А і 30ХГСА здійснюють під флюсом АН–348А, а наплавлення порошковим дротом ПП–3Х2В8 — під флюсом АН–20.

Крім вказаних наплавних матеріалів також використовуються для відновлення розмірів валків блюмінгів і слябінгів сплави 5Х4В3Ф, 4Х4В3Ф, 25Х5ФМС, 5Х5В2ФС. Причому, як встановлено, сплав 5Х5В2ФС по відношенню до сплаву 3Х2В8 має мілкозернисту структуру, а вартість його в два рази менше при одинаковій червоностійкості (показник термостійкості).

Наплавлення валків інших типів обтискних станів здійснюють за тими ж технологіями, що і наплавлення валків блюмінга. Проте в кожному конкретному випадку підбирають наплавні матеріали, що відповідають умовам експлуатації даного типу валків.

Більш детально з традиційними методами наплавлення валків різних типів станів можна ознайомитись в роботі [8].

До сучасних технологій можна віднести технології, що створені інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона. Широкий асортимент електродних матеріалів, розроблених спеціально для наплавлення валків, дозволяє в кожному випадку вибрати оптимальний склад наплавленого металу, що виходить з умов роботи валків, характеру і інтенсивності їх зносу.

Зокрема, до цих наплавних матеріалів відносяться наступні: Нп–30ХГСА; ПП–Нп– 25Х5ФМС; ЛС–25Х5ФМС; ПП–Нп–30Х2М2НФ;

Нп–45Х4В3ГФ; ПП–Нп-35В9Х3СФ; ЛС-5Х4В2М2СФ. При цьому передбачено використання відомих марок флюсів АН–20; АН–60; АН–348; АН–348А та інші. Стійкість наплавлених валків вище, ніж ненаплавлених, у 2–5 разів у залежності від типу стана, кліті, прокатуваного металу і інших факторів.

Кількість наплавлень складає 4–5, але може бути і значно більшою. При цьому під ці технології розроблена серія вальценаплавних верстатів: КЖ–9705 (для обтискних станів), КЖ–9711 (для сортових станів), КЖ–97095 (для рейкобалочних станів), КЖ–9710 (для пілигримових станів). Нині ж з великим успіхом використовуються розроблені раніше інститутом вальценаплавні верстати КЖ–34 з одним наплавним апаратом) і КЖ–970 (з двома наплавними апаратами). В апаратах передбачено індуктори для підігріву валків (у верстаті КЖ–34 — один, у верстаті КЖ–970 — два). Верстат КЖ–970 оснащено наплавним апаратом А–985 (більш потужним) з копіювальним пристроєм системи Кобизева (Кузнецький металургійний комбінат).

ВКЛАДИШІ УНІВЕРСАЛЬНИХ ШПИНДЕЛІВ

Зазвичай вкладиші універсальних шпинделів виготовляють з бронзи марки БрАЖ-9-4 з наступною механічною обробкою. При цьому значна частина сплаву відходить у стружку. Тому закономірно, що є намагання зменшити витрати бронзи. Цього можна досягти при виконанні біметалевих вкладишів замість цільнолитих шляхом механізованого наплавлення бронзи під шаром флюсу на сталь (технологія наплавлення розроблена інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона).

Наплавлення шару бронзи на поверхню сталевого вкладишу здійснюється ручним і механізованим способами. В обох випадках вкладиші відливають зі сталі марки 35 Л.

При ручному способі корпус вкладиша заформовують у пісчану ванну таким чином, щоб вільною залишалась лише робоча поверхня, яка підлягає наплавленню. Краї похилої поверхні вкладиша огороджуються графітовими чи вогнетривкими пластинками. На наплавлювану поверхню насипають шар висотою 1,5–2,0 мм переплавленої бури, зверху якої накладають шар стружки, що також змішаний з бурою (15–20 г бури на 100 г стружки). Висота стружки має бути в три рази більша за задану товщину наплавленого шару [30].

Процес наплавлення здійснюється графітовим електродом діаметром 10–15 мм при постійному струмі прямої полярності (300–400 А).

Товщина одного шару наплавлення не повинна перевищувати 2 мм. Тому наплавлення ведуть в декілька шарів. Причому, щоб наплавлений метал був щільним (без раковин), його підтримують шляхом нагріву в розплавленому стані достатньо тривалий час. Розплавлену ванну посипають бурою, від чого на поверхні розплаву утворюються шлаки, які захищають його від швидкого охолодження. Твердість наплавленої бронзи дещо вища, ніж литої (при аналогічному хімічному складі).

При механізованому наплавленні використовується, як правило, автомат А — 513. Після відлиття вкладиш піддають механічній обробці і нагрівають під наплавлення до температури 350–400°С. Нагрітий вкладиш з попередньо привареними виводними планками укладають на стіл — маніпулятор. Простір між вкладишами і флюсоутримуючим пристроєм заповнюють флюсом.

Наплавлення ведеться валиками і таким чином, щоб один валик перекривався іншим на 50%. Валики наплавляють по утворюючій циліндричній частині вкладиша і вздовж його більшої осі. Після наплавлення вкладиш оброблюється на стругальному, токарному, розточному і фрезерному верстатах.

НОЖІ ГАРЯЧОГО ПОРІЗУ

Вимогами, що пред'являються до ножів, є високі різальні властивості (збереження високої міцності і твердості при значних температурах — до 1100–1200 ºС) та термічна витривалість.

Найбільш відповідальними і потужними є ножиці блюмінгів. Різальний апарат ножиць складається з двох касет — верхньої і нижньої, в кожній з яких кріпляться гвинтами по троє ножів. Максимальний радіус притуплення досягає 20 мм, після чого ножі замінюють. Ознакою повного зносу ножа є значне округлення всіх чотирьох пружків і поява на них глибоких тріщин термічної втомленості металу, тріщин розгару.

За традиційною технологією при наплавленні застосовують наплавний апарат типу АВС чи А–384. Електродом служить порошковий дріт марки ПП– 3Х2В8 із використанням флюсу АН–20 (при 400–450 А і 32–34 В). Після наплавлення ножі поміщають у піч і витримують при температурі 400°С на протязі 30 хвилин з наступним повільним охолодженням. Потім відпускають при 300 °С на протязі 2 годин. При цьому термін служіння ножів досягає 12–15 діб.

Використовується також технологія наплавлення дротом Св–08 чи Св–08А з використанням керамічних флюсів.

В останній час в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона розробили установку УД298М і технологію автоматичного наплавлення ножів гарячої порізки металу порошковою стрічкою відкритою дугою. Застосування такої стрічки ПЛ–АН183 (наплавлений метал типу 40Х2Н6Г2С2М2ФБ) збільшує в 1,5–2 рази стійкість ножів у порівнянні з наплавленням порошковим дротом ПП–Нп35В9Х3СФ. Час наплавлення чотирьох робочих пружків ножа довжиною 700 мм складає 2 години, з урахуванням допоміжних операцій.

Установка УД298М комплектується системою управління СУ–360, яка складається з програмівного контролера для управління процесом наплавлення і частотного електропривода OMRON–YASKAWA для асинхронних двигунів (переміщення апарата і подача електроду). Максимальний струм наплавлення — 1000 А, напруга — 26–38 В, споживана потужність — не більше 40кВА. Розміри наплавлюваних ножів, мм: довжина × ширина × товщина – (600 – 850)×(200 – 270)×(80 – 100).

Обладнання, порошкова стрічка і технологія наплавлення пройшли про-мислові випробування і запроваджені на ВАТ «Миталл Стил Кривий Ріг».

РОЛИКИ ЛИСТОПРАВИЛЬНИХ МАШИН

Ролики зношуються внаслідок тертя об лист. Зазвичай поверхні роликів наплавляють дротом ПП–3Х2В8 діаметром 3,6 мм під флюсом АН–20. Наплавлення ведеться в центрах спеціальних установок ВМ, БМ, А та інших по гвинтовій лінії (при 300 А і 30 В). Наплавлені ролики після шліфування абразивом на круглошліфувальних верстатах мають твердість 450–500 НВ. Стійкість таких роликів значно вища, ніж нових, що виготовляються із сталі 55Х.

Опорні ролики наплавляють електродним дротом 30ХГСА діаметром 3–3,5 мм під флюсом АН–348А і оброблюють на токарних верстатах. Твердість наплавленого металу досягає 230–240 НВ. При необхідності ролики можливо наплавляти дротом 3Х2В8 діаметром 3,5 мм під флюсом АН–20, але при цьому виникає проблема з механічною обробкою наплавленої поверхні.

РОЛИКИ СЛЯБОВИХ МАШИН БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТІВОК

В Інституті електрозварювання розроблено наплавні матеріали, техніку і технологію наплавлення цих роликів. Наплавлення застосовується для відновлення геометричних розмірів роликів і підвищення терміну їх служіння.

Запропонована оригінальна конструкція наплавного робочого шару роликів, розроблена техніка і технологія його наплавлення. Електродними матеріалами для наплавлення слугують порошкові дроти марок ПП–Нп–15Х13 (переважно для роликів горизонтальних ділянок) і ПП–Нп–12Х13МФА (переважно для роликів радіусних і криволінійних ділянок) і флюс марок А–26П або А–26ПУ2. Промислові випробування показали, що ролики з новою конструкцією робочого наплавленого шару мають стійкість у 1,5–2 рази вище, ніж нові наплавлені зі сталі 25Х1М1Ф.

Розділ 5
Деякі аспекти ремонту механічної частини мостових кранів

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Мостові крани набули найбільшого поширення на металургійних підприємствах. Вони поділяються на технологічні і допоміжні. Технологічні крани працюють в особливо тяжкому (грейферні, для роздягання злитків, кліщові) і тяжкому режимі (заливні, розливні, завалочні, магнитні, з поворотним візком і жорсткими чи гнучкими підхватами, двобарабанні та інші). Допоміжні крани (загального призначення і монтажно-ремонтні) працюють в середньому чи легкому режимах. В прольотах сталеплавильних і прокатних цехів установлюють до 10–12 кранів у кожному, а загальна кількість кранів на підприємстві може досягати 300–500 одиниць.

Для ремонту кранів у торцях і у середній частині кожного прольоту відводять спеціальні місця, які називаються ремонтними ділянками. Ширина ремонтних ділянок дорівнює ширині прольоту, а довжина залежить від габаритів крана (ширини моста) і приймається рівною 6м для кранів вантажопідйомністю (вантажністю) 50 т, 12 м для інших кранів, крім ливарних, і 12–24 м для ливарних кранів.

Підґрунтям для безперебійної експлуатації кранів є планово-попереджувальні ремонти, що виконуються поряд з міжремонтним обслуговуванням. Тобто сукупність організаційних і технічних заходів з ремонту кранів, які з метою попередження неочікуваних і дострокових відмов кранів виконуються за певним планом. Системою передбачається для механіч-ної частини крана один вид міжремонтного обслуговування і двоє видів ремонтів: малий і капітальний.

Міжремонтне обслуговування — нагляд за кранами, регулювальні роботи і усунення мілких несправностей — здійснюється щомісячно. Малий ремонт має на меті, головним чином, виконання робіт із перевірки і регулювання, а саме, огляд і заміну гальмових накладок, деталей муфт, регулювання гальм, запобіжних пристроїв, підшипників кочення, усунення протікання мастила із редукторів та інше.

При капітальному ремонті механічної частини кранів виконується подетальне розбирання і промивання всіх вузлів механізмів, за-

міна зношуваних деталей, часткова заміна підшипників кочення, ущільників, кріпильних і фіксуючих деталей, ремонт гідросистем, підпор буферів, металоконструкцій, заміна зношуваних рейок візків, випробування.

Структура ремонтного циклу для мостових кранів загального призначення являє собою період між капітальними ремонтами і передбачає вісім малих ремонтів. Тривалість ремонтного циклу крана складає при легкому режимі 28 тисяч робочих годин, при середньому — 24,5 тисячі і при тяжкому — 21 тисячу. Величина міжремонтного циклу складає 1/9, а міжоглядового — 1/36. Співвідношення обсягів робіт при огляді, малому і капітальному ремонтах таке: 1 : 7,2 : 41,3.

Нормальна, в тому числі і безпечна, експлуатація кранів забезпечується при умові, що знос їх деталей не буде перевищувати граничних величин. Правила будови і безпечної експлуатації кранів регламентуються нормативно — правовим актом НПАОП 0.00-1.01-07 Держгірпромнагляду (наказ № 132 від 18.05.2007).

2. РЕМОНТ МЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КРАНІВ

Нижче наведено основні аспекти ремонту кранів в умовах одиничних ремонтів, що виконуються власними силами і засобами підприємств і організацій-власників. Зокрема розглянемо ремонт з’єднання типу вал — маточина, підшипникових вузлів, зубчастих передач, муфт, гальм, блоків, барабанів, крюкових підвісок, ходових коліс, рознімних і нерознімних з’єднин, металоконструкцій, бракування канатів та інше [43].

З’ЄДНАННЯ ТИПУ ВАЛ-МАТОЧИНА

Стан посадок з натягом деталей на валах перевіряють у складеному положенні за допомогою звуку, що надходить від вузла, по якому ударяють молотком. Підлягають розбиранню лише ті вузли, що надсилають звук нечистого тону (тобто, з певними модуляціями). У випадках розбирання справних з’єднань перед черговим їх складанням заміряють посадкові діаметри вала і отвору, і якщо їх різниця не відповідає нормативам, то місця посадки підлягають відновленню.

Граничні і допускні після розбирання натяги і зазори для з’єднання вал — маточина наведено в табл. 5.1 [43].

Таблиця 5.1 — *Стандартні граничні і допускні натяги і зазори (мкм)*

<table>
<tr><th>Тип посадок</th><th>Від 60 до 65</th><th>Від 66 до 80</th><th>Від 81 до 100</th><th>Від 101 до 120</th><th>Від 121 до 140</th><th>Від 141 до 160</th><th>Від 161 до 180</th><th>Від 181 до 200</th></tr>
<tr><td>H7/r6 (від 50 до 80 мм)
H7/s6 (понад 80 мм)</td><td colspan="2">$\frac{-10}{-10}$</td><td colspan="2">$\frac{-40}{-20}$</td><td>$\frac{-50}{-30}$</td><td>$\frac{-60}{-30}$</td><td>$\frac{-70}{-40}$</td><td>$\frac{-80}{-40}$</td></tr>
<tr><td>H9/u8 (від 40 до 80 мм) H8/s7 (понад 80 мм)</td><td>$\frac{-10}{-10}$</td><td>$\frac{-30}{-10}$</td><td>$\frac{-40}{-20}$</td><td colspan="2">$\frac{-30}{-10}$</td><td>$\frac{-40}{-20}$</td><td colspan="2">$\frac{-50}{-20}$</td></tr>
<tr><td>H7/n6
H7/m6
H7/k6</td><td colspan="8">+10/+20
+20/+30 +30/+40
+30/+50 +40/+60</td></tr>
<tr><td colspan="9">Примітки: 1. В чисельнику — найменший натяг чи найбільший зазор, в знаменнику — їх допускні значення після розбирання з’єднання. 2. Числові значення стандартних натягів і зазорів округлено до 10 мкм. 3. Натяги вказані знаками „–“ , зазори — знаком „+“</td></tr>
</table>

Якщо при розбиранні з’єднання з натягом виявлено зношування шпонки чи шпонкового пазу, це вважається незадовільним і місця посадки підлягають відновленню. При відновленні посадкових місць як для з’єднання вал — отвір, так і шпонкового сполучення можуть використовуватись різноманітні методи, що розглянуті в попередніх розділах. Але найбільш раціональним є, на наш погляд, застосування технологій з використанням металополімерних матеріалів. Застосовування зварювання при ремонтах шпонкових пазів не рекомендується.

ПІДШИПНИКИ

Граничні значення радіальних зазорів, коли належить бракувати підшипники кочення кранових механізмів, наведено в табл. 5.2 [43]. Стан посадок, що визначається перед встановленням підшипників, має відповідати нормативам, які наведено в табл. 5.2 та 5.3 [43].

Таблиця 5.2 — *Допускні при середньому ремонті радіальні зазори в кулькопідшипниках (мкм)*

Внутрішній діаметр підшипника, мм	Початковий радіальний зазор	Місце встановлення		Внутрішній діаметр підшипника, мм	Початковий радіальний зазор	Місце встановлення	
		Редуктори	Відкриті передачі, колеса, блоки			Редуктори	Відкриті передачі, колеса, блоки
30–65 65–100	26–33 34–40	60 70	100 120	100–160 160–225	46–58 65–75	100 140	180 230

Посадки підшипників, які контролюються на вузлах під час складання, а також посадки внутрішніх кілець на обертових осях і валах, зовнішніх кілець підшипників блоків, ходових колес, паразитних зубчастих колес і барабанів вважаються придатними для подальшого використання, якщо не мають ознак проковзування.

Придатність для подальшого використання підшипників з огляду на справність посадок зовнішніх кілець підшипників обертових валів й осей та внутрішніх кілець блоків і шарнірів металоконструкцій визначається нормати-вами, які подано в табл. 5.3, 5.4 [43].

Таблиця 5.3 — *Натяги і зазори з'єднань вал-кільце підшипників кочення, граничні за прийнятим полем допуску вала і допускні при зношуванні (мкм)*

Номінальні діаметри внутрішніх кілець, мм	m6		h6		g6	
	Натяги		Граничні зазори і натяги	Допускні зазори	Граничні зазори і натяги	Допускні зазори
	граничні	допускні				
від 30 до 50	–10 –40	0	+15 –10	+20	+25 –5	+50
від 51 до 80	–10 –45		+20 –15		+30 –5	

від 81 до120	–15 –55	–5	+20 –20	+40	+35 –10	+70
від 121 до 180	–15 –65		+25 –25		+40 –10	
від 181 до 250	–20 –80		+30 –30	+50	+45 –15	+90
від 251 до 315	–20 –90		+30 –35		+50 –20	
Примітки: 1. Значення граничних зазорів і натягів округлено до 5 мкм. 2. Зазори наведено зі знаком „+“, натяги — зі знаком „–“.						

При зазорах, що не перевищують 0,2 мм, посадка може відновлюватись за рахунок металізації кілець, як рекомендовано в роботі [43], і при зазорах до 0,6 мм — металізацією валів і корпусів. Проте цей спосіб вимагає багато часу, оскільки металізація може здійснюватись у спеціальних майстернях.

Таблиця 5.4 — *Натяги і зазори з'єднань кільце — корпус підшипників кочення, граничні за прийнятим полем допуску корпусу, і допускні при зношуванні (мкм)*

Номінальні діаметри зовнішніх кілець, мм	M7		H7		G7	
	Натяги		Граничні натяги і зазори	Зазори		
	граничні	допускні		допускні	граничні	допускні
Від 50 до 80	–15 –30	0	0 +45	+50	+30 +10	+60
Від 81 до 120	–15 –35		0 +50	+70	+60 +10	+90
Від 121 до 150	–20 –40	–5	0 +60		+70 +15	
Від 151 до 180	–25 –40		0 +65	+90	+80 +15	+120
Від 181 до 250	–30 –45		0 +80		+90 +15	
Від 251 до 315	–35 –50		0 +90	+110	+105 +20	+150

Від 316 до 400	–40 –60	–10	0 +100		+115 +20	
Примітки: 1. Значення граничних зазорів і натягів округлено до 5 мкм. 2. Зазори наведено зі знаком „+“, натяги — зі знаком „–“.						

Тому значно ефективніше застосовувати сучасні технології відновлення посадкових поверхонь з використанням полімерних матеріалів. Ці технології детально висвітлено в попередніх розділах.

ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ

При дефектації зуб'їв колес без термічного зміцнення (*300 HB*) по товщині заміряють зубці за допомогою штангензубомірів чи боковий зазор за допомогою зім'ятого в зачепленні дротика.

При визначенні товщини зуба штангензубоміром необхідно знати пара-метри передачі і, зокрема, зміцнення основного контуру. Крім того загальний знос зуб'їв пари зачеплення визначають через боковий зазор.

Граничний знос зуб'їв (для мостових кранів) приймається [43]:

- для механізмів підйому — до 15% початкової товщини;
- для механізмів переміщення — до 20 %.

В таблиці 5.5 наведено значення допускного зносу зуб'їв передач за товщиною і боковим зазором, які розподілені між собою за ознаками в залежності від типів передач і кранових механізмів, а в табл. 5.6 — допускні бокові зазори для колес з різними нормальними модулями [43].

Таблиця 5.5 — *Допускний знос зуб'їв колес зубчастих передач за товщиною чи боковим зазором*

Кранові механізми	Види ремонтів			
	Поточний		Середній	
	Знос за товщиною, %	Боковий зазор, мм	Знос за товщиною, %	Боковий зазор, мм
Редуктори				
Підйому	8	0,25m	5,5	0,17m
Інші	11	0,35m	8	0,25m

Закінчення таблиці 5.5

Відкриті зубчасті передачі				
Повороту, переміщення	20	0,56m	14	0,45m
Переміщення в умовах впливу абразивних матеріалів	30	0,95m	20	0,65m
Примітки: 1. Дефектація за боковим зазором для відкритих передач може бути при суворому фіксуванні взаємного положення обох валів. 2 В нормативі на допускний боковий зазор не ураховано його малий вплив.				

Зубчасті колеса з термічним зміцненням робочих поверхонь (товщина зміцненого шару 0,75…1,5 мм при m=4…8мм та 1,4…1,8 мм при m >8 мм) дефектуються загалом при викришуванні поверхонь чи повному зносі зміцненого шару, а зубчасті колеса з об’ємним гартуванням — при викришуванні і утворенні тріщин.

При точкових викришуваннях і поодиноких свищах колеса зі зміцненими поверхнями не бракуються. А усунення таких дефектів коліс можна досягти шляхом застосування сучасних технологій.

Таблиця 5.6 — *Допускні бокові зазори в зачепленнях редукторів (мм)*

Модуль зуба, мм	Поточний ремонт		Середній і капітальний ремонти		Модуль зуба, мм	Поточний ремонт		Середній і капітальний ремонти	
	Механізм підйома	Інші механізми	Механізм підйома	Інші механізми		Механізм підйома	Інші механізми	Механізм підйома	Інші механізми
3,0	0,8	1,0	0,5	0,8	6,0	1,5	2,0	1,0	1,5
3,5	0,9	1,2	0,6	0,9	7,0	1,8	2,5	1,2	1,8
4,0	1,0	1,4	0,7	1,0	8,0	2,0	2,8	1,4	2,0

Закінчення таблиці 5.6

4,5	1,0	1,6	0,8	1,0	10,0	2,5	3,5	1,7	2,5
5,0	1,3	1,8	0,9	1,3	12,0	3,0	4,0	2,0	3,0
Примітка: Дані отримані з попередньої таблиці з округленням результатів.									

МУФТИ

На мостових кранах застосовуються переважно втулково-пальцеві і зубчасті муфти.

Втулково-пальцеві муфти при дефектуванні на місці встановлення перевіряють на нерухомість посадки на валах, збережність посадки пальців (прогоничів), відсутність слідів ударів пальців об метал, наявність тріщин у напівмуфтах. Пошкоджені посадкові поверхні під пальці відновлюють розверткою на більший діаметр, а тріщини заварюють. Більш доцільним для відновлення посадкових місць є використання технологій з застосуванням металополімерних матеріалів Бельзона, Локтайт, ЛЕО, Thortex та інших (див. пункт «Відновлення деталей сучасними металополімерами і еластомірами»).

Чавунні муфти з тріщинами підлягають вибракуванню [43].

При встановленні вузлів (редукторів, відкритих передач, електродвигунів) перевіряють взаємне положення валів, що з’єднуються муфтами.

Зубчасті муфти при дефектуванні на місці встановлення перевіряють на збереження посадки прогонів, які з’єднують обойми, герметичність з’єднання і взаємне положення спряжених валів.

Допускний знос зуб’їв зубчастих муфт складає до 30 % початкової їх товщини (на хорді ділильного кола), а для механізмів підйома — 25 % (для кранів, що транспортують розпечений метал, — до 15 %) [43].

Знос зуб’їв визначають штангензубоміром чи щупом (боковий зазор).

В табл. 5.7 наведено значення допускного зносу зуб’їв за товщиною і боковим зазором, які виходять з 20 %-вого зменшення товщини [43].

Радіальне і кутове відхилення валів, що з’єднані зубчастими муфтами, вимірюють при відкритій обоймі по торцю. Для муфт типу МЗ

радіальне зміцнення валів не має перевищувати 1 мм, а кутове — 1/100. Для муфт типу МЗП кут між кожними з валів має бути в межах 5/1000.

Таблиця 5.7 — *Товщина зуб'їв чи бокові зазори (мм) зубчастих муфт при нормативі допускного зносу зуб'їв 20 %*

Номери муфт	Модуль зуба	Проектна товщина зуба			Установлення штангензубоміра о висоті		Допускна товщина зношуваного зуба по штангензубоміру			Допусковий боковий зазор
		прямого	бочкового		Втулка	Обойма	прямого	бочкового		
		Втулка і обойма	Втулка	Обойма			Втулка і обойма	Втулка	Обойма	
1,2	2,5	3,65	3,73	3,65	2,5	2,0	2,9	3,0	2,9	1,5
3,4,5	3,0	4,35	4,49	4,35	3,0	2,4	3,5	3,6	3,5	1,7
6,7,8	4,0	5,83	6,01	5,83	4,0	3,2	4,7	4,8	4,7	2,4
9,10	6,0	8,91	9,11	8,91	6,0	4,8	7,1	7,3	7,1	3,6
11, 12	8,0	11,92	12,2	11,92	8,0	6,4	9,5	10,1	9,5	4,8
13, 14, 15	10,0	14,91	15,27	14,91	10,0	8,0	11,9	12,3	11,9	6,0

Таким чином, якщо розміри зношуваних поверхонь більші за вказані в таблиці 5.7, забороняється подальше використання таких муфт. Проте застосування сучасних технологій зміцнення і захисту від зносу може значно підвищити їх тривалість (див. попередні розділи).

ГАЛЬМА АВТОМАТИЧНІ

Основними елементами гальм, що підлягають зносу є гальмові шківи і головні пружини.

Гальмові шківи, в яких товщина обода зменшилась відносно початкової більше ніж на 20%, підлягають заміні. Місцевий знос шківа не повинен бути більше 1,0 мм. Після переточування на шківі має бути збережений загартований шар товщиною не менше 1,0 мм. Зазор у шарнірах (суставах) короткоходових гальм внаслідок зносу має бути не більше: при діаметрі осі 18–18 мм 0,3 мм, при діаметрі осі 18–30 мм 0,4 мм.

В сталевих термічно не оброблених шківах виявлені тріщини заварюються. В той же час заварювання тріщин на термічно оброблених поверхнях шківа без його попереднього відпалу і наступної за зварюванням термообробки не рекомендується. Але в обох випадках значно вигідніше застосовувати сучасні технології відновлення деталей з застосуванням металополімерних матеріалів. Тим більш, що гальмові шківи з тріщинами не підлягають ремонтам з застосуванням традиційних технологій, побудованих на способах зварювання. При традиційних технологіях ободи сталевих шківів наплавляють дротом СВ — 08 ГА чи Нп — 40 під флюсом, а чавунних — таким же дротом під флюсом по розтоплюваній оболонці із маловуглицевої сталі товщиною 0,8–0,9 мм. В деяких випадках шківи відновлюють шляхом напресування сталевих бандажів, що нагріті до температури 500–600° С, з натягом 0,5–1,0 мм. При цьому, як свідчить джерело [42], коли на відновлену поверхню наноситься подаванним способом шар шпаристого хрому товщиною 0,2 мм , термін служіння шківа зростає в 4–5 разів. При звичайних технологіях виготовлення шківів орієнтовна тривалість їх служіння складає 12–24 місяці, а гальмових накладок — 2–4 місяці.

При масивних шківах щоб запобігти вібраціям, виконують їх статичне балансування. Врівноважити деталь можна закріпленням ваги на протилежно-му «легкому» боці чи висвердлюванням металу у «важкому» боці.

Для головних (основних) пружин допускається залишковий осад до 10 % початкової довжини. Пружина підлягає заміні при її викривленні, відхиленні торців від перпендикулярності і поздовжньої осі, наближенні окремих витків.

Допусковий середній знос стосовно товщини гальмових накладок складає 0,4 початкової товщини при кріпленні заклепками і 0,6 при кріпленні клеєм.

Загальний знос шарнірів важелевої системи гальма перевіряють на місці при замкненому гальмі. Попередньо шляхом регулювання тяг шток виконавчого приладу установлюють так, щоб він не доходив до нижнього положення на 8–10% від паспортного ходу. Після цього і при такому стані гальмо розгальмовується і виміряється відхід його колодок. Якщо ж виявлений портхід колодок виявиться меншим 60% найбільшого пасного значення при середньому ремонті і 30% при поточному ремонті, то шарніри важелевої системи підлягають ремонту. Технологія відновлення отворів і осей (валів) висвітлена в попередніх розділах.

БАРАБАНИ, БЛОКИ, ГАКИ

Основними дефектами, що утворюються в процесі експлуатації канатних барабанів і блоків, є утворення насічок на канавках і зношування останніх, питомий тиск у точках контакту, внаслідок чого зменшується площа контакту з барабаном, що приводить до руйнування канатних дротиків. Ці дефекти усуваються шляхом нарізування на зношуваних елементах канавок повного профілю.

Мінімальна допускна товщина стінок барабана складає 0,8 номінальної. Взагалі ж, якщо знос стінок барабана більше 10% від номінальної товщини, то це є підставою для його заміни.

Визначають товщину стінок дротовим щупом, що вводиться в отвори діаметром 4–6 мм, які просвердлюються з цією метою в декількох місцях (вони залишаються для подальших замірів). При досягненні граничного зносу поверхню барабанів наплавляють зварювальним дротом Св — 08 ГА під флюсом АН — 348 А (існують і більш ефективні технології наплавлення, які висвітлено в попередніх розділах).

Барабани, що мають крізні тріщини і при значному зносі товщини, як вказано вище, підлягають заміні. Некрізні тріщини оброблюються і заварюють-ся електродуговим зварюванням. При вмісті в барабані вуглицю більше 0,25% заварювання здійснюється за спеціальною технологією.

Максимально допустима виробітка зуб'їв вінця барабана складає 10%. При більшому зносі вінець підлягає заміні. При зазорі між валом і втулкою понад 0,5 мм втулку замінюють на нову. Зношувані посадкові отвори в маточині під підшипник при традиційних технологіях

відновлюють шляхом напилення чи установлення нової втулки. Зношуваним різьбовим отворам надають ремонтний розмір шляхом розсвердлювання пошкоджених до нового стандартного розміру.

Блоки при дефектуванні на місці перевіряють на легкість обертання, відсутність тріщин, відколів реборд і загальних деформацій. Крім того з використанням шаблонів перевіряють профіль канатних канавок.

Діаметр канатних канавок блоків при зносі не повинен бути менше значень, що наведені нижче [43].

Діаметр каната $d_к$, мм	від 14 до 28	від 28 до 35	понад 35
Діаметр канавки, мм	$d_к$+1,5	$d_к$+2,5	$d_к$+4

При проточуванні ободів блоків навколо реборд і по дну канавки (без застосування наплавлення) допускається зменшити товщину стінок реборд для блоків чавунних на 10% і сталевих — на 20%. При проточуванні канавок допускається зменшення товщини обода під канавкою для блоків із сталевого лиття на 25%, фасонного прокату — на 15%, чавунних — на 10%.

Блоки не підлягають ремонту в наступних випадках: знос стінок реборд чавунних блоків понад 10%, сталевих — понад 20%; знос ободу під дном канавки для ободів із сталевого лиття понад 40%, із сталевого фасонного прокату — понад 30%.

При ремонті сталевих блоків застосовують електрозварювання і електронаплавлення. Твердість наплавленого шару канатних канавок має бути не менше 140–170 НВ [43]. За традиційною технологією наплавлення блоків здійснюється дротом Св — 08 Га під флюсом з наступною обробкою. Після ремонту блоки значних розмірів і особливо тих, що обертаються зі швидкістю понад 1 м/с, рекомендують піддавати статичному балансуванню.

Особливу увагу приділяють визначенню стану гакових підвісок. Вантажний гак кранів підлягає ремонту, якщо знос у вертикальному розрізі зіву досягає 5% від початкової висоти перерізу. Гак при зносі в зіві понад 10% початкової висоти перерізу бракується. При зносі до 10% допускається відновлення зношуваного місця електродуговим наплавленням електродами Э42 чи Э42А [1]. Оскільки стан кранів контролюється Держгірпромнаглядом, то до наплавлення гаків допускаються виключно дипломовані зварювальники. Для зняття напружень після наплавлення гаки піддають відпусканню, для чого їх нагрівають до температури 600–650°С, витримують при цій температурі на протязі

1 години, а потім разом з піччю охолоджують до температури 300–400 °С [1]. Якість зварювання підлягає визначенню за одним з методів дефектоскопії [13] (особливо це стосуються кранів, які транспортують розплавлений метал).

Не ремонтуються, а підлягають заміні при виявленні дефектів гайки вантажних гаків, траверси і осі, підшипники кочення з тріщинами на робочих поверхнях кілець, при наявності вижолобків, відшаровувань або свищів на тілах кочення чи бігових доріжках.

ХОДОВІ КОЛЕСА

Термін служіння ходових коліс залежить від матеріалів і технологій виготовлення, точності їх монтажу і стану рейок. Основною формою зношування ходових коліс є, головним чином, зменшення товщини реборд (у деяких випадках з утворенням тріщин).

Допустимий знос реборд по товщині складає 50% від початкової товщини і у всіх випадках не може бути більше 4 мм. Граничний знос реборд визначається в залежності від найменшої товщини реборди, яку належить вимірювати на половині її висоти. Нижче наведено граничні розміри реборд у залежності від діаметра колеса [1].

Діаметр колеса, мм — 160–400 500–630 710–800 900–1000 1120–1250

Мінімальна товщина реборди, мм — 8 10 12 14 16

При зносі більше припустимого поверхонь катання і реборд коліс їх наплавляють під шаром флюсу АН — 348А дротом Нп — 230 ХГСА з припуском на наступне механічне оброблення 2–3 мм на сторону і зміцнюють поверхневим наклепом. Зношувані колеса можуть відновлюватись до 3–5 разів. Маточини коліс відновлюють в тих випадках, якщо зазор між ними і зовнішньою обоймою підшипника буде в 2 рази перевищувати номінальний. Методи відновлення місць посадок детально описано в попередніх розділах.

Не підлягають відновленню тягові колеса з тріщинами на вінцях і маточині, з зуб’ями , що зношувані більше ніж 8 мм з кожної сторони, і з осьовим биттям ободу більше 4 мм [1].

Установлення нових і відремонтованих коліс має супроводжуватись низкою контрольних вимірів. Ходові колеса, що з’єднані між собою зубчастими передачами, підбирають при їх зміненні чи після ремонту за довжиною кола катання (розходження довжин не повинне

перевищувати 0,3 %). Допуски на встановлення коліс мостових кранів регламентуються державними стандартами і складають: відхилення від вертикальної площини торцевих поверхонь коліс і від загальної площини торців колес кінцевої балки чи балансира не більше 0,002D (D — діаметр колеса по гребеням реборд); відхилення від паралельності загальних площин коліс при прогоні рейок, який не перевищує 22,5 м, — не більше 5 мм, при прогоні понад 22,5 м , — не більше 8 мм; відхилення прогона моста, який не перевищує 22,5 м , — не більше 8 мм, понад 22,5 м, — не більше 8 мм; відхилення довжини бази крана не більше 2/1000 D [43].

КАНАТИ

Бракування сталевих канатів при ремонтах кранів, як і в інших випадках, здійснюється за нормами Держгірпромнагляду (правила будови і безпечної експлуатації вантажних кранів), на підґрунті яких складаються інструкції з експлуатації кранів.

Для оцінювання безпеки використання канатів застосовують наступні критерії:

- характер і кількість обривів дротиків, у тому числі наявність обривів дротиків у кінцевих заправленнях, наявність місць зосередження обривів дротиків, інтенсивність зростання кількості обривів дротиків;
- розрив пасм (сталок) канатів;
- поверхневий і внутрішній знос;
- поверхнева і внутрішня корозія;
- місцеве зменшення діаметра каната;
- зменшення площі поперечного перерізу дротиків каната (втрати внутрішнього перерізу);
- деформація у вигляді хвилястості, кошикоподібності, видавлювання дротиків і пасм, роздавлювання пасм, заломів, перегинів і т. п.;
- пошкодження внаслідок температурного впливу чи електродугового розряду.

Бракування канатів, що працюють сумісно зі сталевими і чавунними блоками, має здійснюватись за кількістю дротиків згідно з табл. 5.8.

Таблиця 5.8 — *Кількість обривів дротиків по довжині одного кроку звивання каната, при якій канат підлягає бракуванню [43].*

Початковий коефіцієнт запасу міцності при установлених правилами співвідношенням D:d	Конструкція каната							
	6×19=114+10,0,		6×37=222+10,0,		6×61=366+10,0		18×19=342+10,0	
	Кількість обривів дротиків на довжині одного кроку звивання							
	хрестового	одностороннього	хрестового	одностороннього	хрестового	одностороннього	хрестового	одностороннього
До 6	12	6	22	11	36	18	36	18
Більше 6 до 7	14	7	26	13	38	19	38	19
Понад 7	16	8	30	15	40	20	40	20
Умовні позначення: D — діаметр барабана, мм; d — діаметр каната, мм; о.о — органічне осердя.								

Канати кранів, що призначені для переміщення розплавлених чи розжарених металів, вогненебезпечних чи ядовитих речовин, бракують при подвійно меншому числі обривів дротиків.

При зменшенні діаметра каната внаслідок поверхневого зносу чи корозії на 7% і більше в порівнянні з номінальним діаметром канат підлягає бракуванню навіть при відсутності видимих обривів дротиків.

При зменшенні діаметра каната внаслідок пошкодження осереддя внутрішнього зносу, обм’якнення, розриву і т. п. (на 3% від номінального діаметра у не крутних канатах і на 10% в інших канатів) канат повинен підлягати бракуванню навіть при відсутності видимих обривів дротиків.

При меншій кількості обривів, що вказані в табл. 5.8, а також при наявності поверхонь зносу дротиків без їх обриву канат може допуска-

тись до роботи при умові пильного нагляду за його станом при періодичних оглядах з записом результатів у журнал огляду і заміні каната при досягненні канатом зносу, що вказані в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 — *Норми бракування канатів у залежності від поверхневого зносу чи корозії*

Зменшення діаметра дротиків внаслідок поверхневого зносу чи корозії, %	Кількість обривів дротиків, % від норм, що вказані в попередній таблиці
10	85
15	75
20	70
25	60
30 і більше	50

Якщо вантаж підвішується на двох канатах, то кожен бракується окремо, причому допускається заміна одного, більш зношуваного, каната.

Для оцінювання стану внутрішніх дротиків, тобто для контролю втрат металевої частини поперечного перерізу каната (втрати внутрішнього перерізу), що викликано обривами, механічним зносом і корозією дротиків внутрішніх шарів пасм, канат підлягає дефектоскопії по всій його довжині. При виявлені втрат перерізу металу дротиків на 17,5 % і більше канат бракується. Необхідність застосування дефектоскопії сталевих канатів визначають у відповідності до вимог нормативної документації в залежності від типу і призначення крана.

При виявленні в канаті одного чи декількох обірваних пасм канат до подальшого використання не допускається.

Хвилястість каната характеризується кроком і напрямом його спіралі (рис.5.1). При збігу напрямів спіралей хвилястості і звивання каната та рівності кроків спіралей *Нх* хвилястості і звивання каната *Нк,* канат бракується при

$$D_x=1.08d_k;$$

де d_x — діаметр спіралі хвилястості ;

$d_к$ — номінальний діаметр каната.

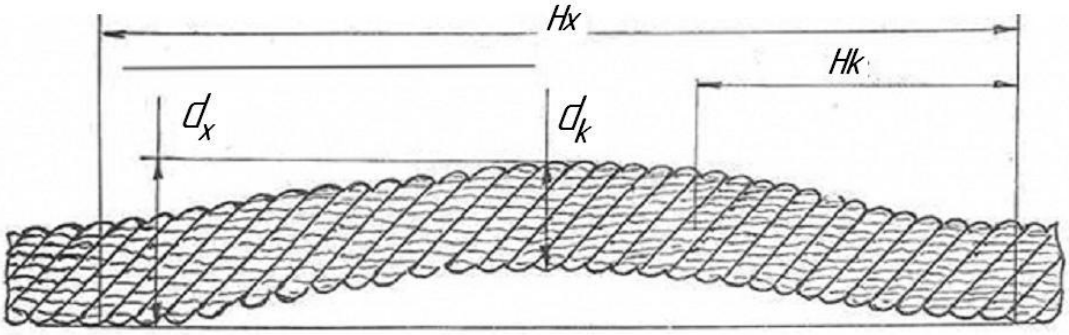


Рисунок 5.1
Схема хвилястості каната

ХВИЛЯСТІСТЬ КАНАТА

При незбігу напрямів спіралей хвилястості і пасм каната та нерівності кроків спіралі хвилястості і пасм каната чи збігу одного із параметрів канат підлягає бракуванню при

$$d_x = 4/3\ d_к.$$

Довжина каната, що контролюється, не повинна перевищувати $25d_к$.

Канати не допускаються до подальшої експлуатації при виявлені:

- кошикоподібної деформації;
- видавлюванні осердя;
- місцевого зменшення діаметра каната;
- місцевого збільшення діаметра;
- роздавлених ділянок;
- перекручувань;
- заломів;
- перегинів;
- пошкоджень внаслідок температурних дій.

Найбільш специфічні види пошкоджень канатів показано на рис. 5.2.

3. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ЩОДО ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ РЕМОНТУ

Деталі, що призначаються для використання при ремонтах, піддаються контролю в процесі їх виготовлення, який дозволяє попередити обробку заготівок, які мають несправні дефекти. При прийманні

деталі після виконання чергової технологічної операції підтверджується відміткою контролера ВТК (ОТК) у наряді і маршрутній карті, а також його тавром. По завершенні всіх операцій кожна деталь піддається приймальному (фінішному) контролю на відповідність її кресленню і технічним умовам. Фінішне перевірення фіксується приймальним тавром.

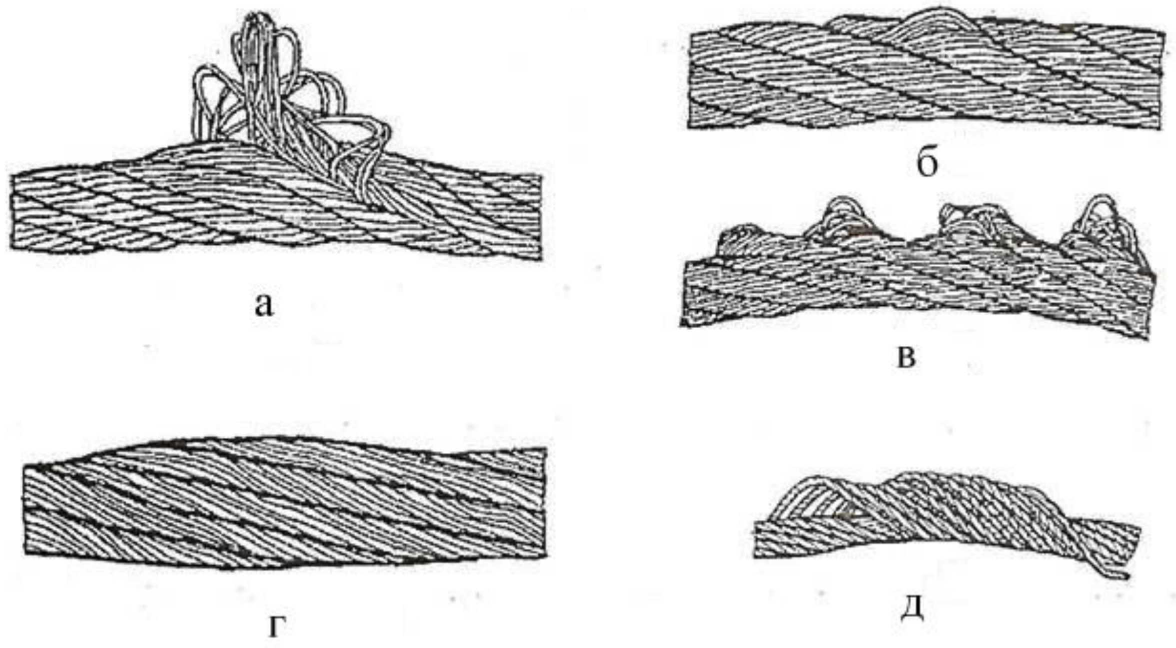


Рисунок 5.2

Пошкодження канатів : видавлювання осердя (а); видавлювання дротиків в одному пасмі (б) і в декількох пасмах (в); місцеве потовщення каната (г); кошикоподібна деформація (д)

Спеціальне тавро ставиться на забраковану деталь, щоб усунути її використання при ремонті.

При незначному обсязі верстатних робіт пооопераційний контроль якості виготовлення деталей здійснюють змінні майстри, а приймальний контроль — старший майстер. В невеликих цехових ремонтних базах, де немає майстрів механічного відділка, контроль здійснює майстер з ремонту чи механік цеху.

Всі деталі для ремонту обладнання мають виготовлятися з матеріалу, який вказано на кресленні. Заміна його іншою маркою здійснюється тільки конструкторським бюро відділу головного механіка заводу.

Відповідальні деталі мають виготовлятись з заготівок, що мають маркування матеріалу, достовірність якого підтверджена тавром контролера ВТК. На заготівках для особливо відповідальних деталей, до

того ж, маркується номер плавки. При виготовленні таких деталей з прутиків маркування наноситься до відрізання заготівки. В процесі оброблення заготівки маркування переноситься з поверхні, що підлягає обробленню, на вже оброблену і підтверджується тавром контролера. Наявність на деталі маркування матеріалу, з якого вона виготовлена, і тавро контролера перевіря-ється при фінішному контролі, якщо на це є застереження в креслені деталі. При відсутності маркування на деталі її направляють в лабораторію для дослідження матеріалу.

Перевірка відповідності матеріалу деталі кресленню в цехових умовах може здійснюватись за допомогою приладів для швидкого визначення хімічного складу сталей методом спектрального аналізу. Такі прилади (стилоскопи) дозволяють за 2–3 хвилини виконати якісний і напівкількісний аналізи легованих сталей без пошкодження деталі. Дефекти відповідальних деталей, таких як поверхневі тріщини і міжкристалічна корозія, а також якість зварних сполучень, можна установити методом кольорової дефектоскопії. Перевагами цього методу, що робить його найбільш придатним для ремонтних умов, є простота операцій, нескладність обладнання, можливість застосування для широкого кола матеріалів та контролю деталей при працюючих машинах без їх розбирання. Існують і інші методи дефектоскопії [13].

Найбільшу частку в загальному обсязі робіт при ремонтах кранів займають слюсарні роботи. В їх складі значне місце займають припасувальні роботи, за допомогою яких досягається необхідне взаємне положення вузлів і в деяких випадках установлюється необхідний характер сполучень і посадок.

Якість слюсарних робіт перевіряє за мірою їх виконання майстер з ремонту чи механік цеху. Проте перевіряння деяких робіт при завершенні складання механізмів може виявитись важким чи зовсім неможливим, тому такі операції перевіряють у процесі ремонту безпосередньо по їх закінченню. Тут необхідно їх виділити у відомостях дефектів, а при застосуванні директивної технології — у відомості приймання слюсарних робіт з технологічного процесу, в яких контролер і фіксує їх приймання, як і інших операцій.

В процесі технологічного контролю слюсарних робіт перевіряють наявність тавра приймального контролю на нових деталях, якими замінюються зношувані, характер сполучень і посадок деталей, якість припасувальних робіт, а також комплектність і правильність складання механізмів, взаємодію деталей.

Розділ 6
Техніка безпеки при ремонтах

1. ПРАВОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є: Конституція України (так, стаття 45 проголошує: «Кожен має право на відпочинок. Максимальна тривалість робочого часу, мінімальна тривалість відпочинку та оплачуваної щорічної відпустки, вихідні та святкові дні, а також інші умови здійснення цього права визначаються законом»; стаття 43: «Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату, не нижче визначеної законом»; стаття 50: «Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди»), Закон України «Про охорону праці», Закон України «Про обов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», Кодекс Законів про працю України (КЗпП) і прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Основоположним законодавчим документом у галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці», дія якого поширюється на всі підприємства, установи та організації незалежно від форм власності та видів діяльності. Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівника на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації праці в Україні.

У законі враховано основні вимоги конвенції і рекомендацій Міжнародної організації праці (МОП) щодо безпеки і гігієни праці та виробничого середовища, регулювання відносин охорони праці в передових країнах, досвід охорони праці в Україні. В ньому визначаються наступні принципи державної політики в галузі охорони праці (стаття 4):

– пріоритет життя і здоров’я працівників, повна відповідальність роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;

– підвищенні рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій і продукції, а також сприяння підприємством у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;

– комплексне розв’язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень у галузі науки і техніки та охорони довкілля;

– соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

– встановлення єдиних вимог з охорони праці для підприємств та суб’єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;

– адаптація трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров’я та психологічного стану;

– використання економічних методів управління охороною праці, участь держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить чинному законодавству;

– інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників із питань охорони праці;

– забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об’єднань громадян, що розв’язують проблеми охорони здоров’я, гігієни та безпеки праці;

– використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

Для реалізації цих принципів в Україні створено Національну раду з питань безпечної життєдіяльності населення при Кабінеті Міністрів; Державний комітет із нагляду за охороною праці; Національний науково-дослідний інститут охорони праці; Навчально-методичний центр Держнаглядохоронпраці. На місцях функціонують служби охорони праці різних рівнів. Загалом же «Закон про охорону праці»

передбачає чітку систему державного управління — від уряду до підприємства.

Для цього згідно з законом на кожному підприємстві має створюватись служба охорони праці незалежно від форми власності та виду діяльності, яка має вирішувати наступні питання:

– здійснювати контроль за безпекою виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;

– забезпечувати працюючих засобами індивідуального та колективного захисту;

– забезпечувати професійну підготовку і підвищення кваліфікації працівників із питань охорони праці, вести пропаганду безпечних методів праці;

– забезпечувати оптимальні режими праці і відпочинку працюючих;

– вимагати професійного добору виконавців для визначених видів робіт.

Одним з головних чинників, що забезпечують безпечні умови праці, є інструктажі. Їх мета — навчити працівника правильно і безпечно для себе і оточуючого середовища виконувати свої трудові обов'язки.

Інструктажі за часом і характером проведення поділяють на: *вступний*, *первинний*, *повторний*, *позаплановий* та *цільовий* [7].

Вступний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником або працівником, який буде виконувати нову для нього роботу. Програма первинного інструктажу розробляється керівником цеху чи дільниці, узгоджується зі службою охорони праці і затверджується роботодавцем. Інструктаж проводить майстер чи начальник дільниці, тобто керівник робіт.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці з усіма працівниками: на роботах із підвищеною небезпекою — один раз на квартал; на інших роботах — один раз у півріччя. Мета інструктажу — поновити знання та уміння виконувати працівниками роботу правильно і безпечно. Проводиться інструктаж індивідуально або для групи працівників, що виконують однотипні роботи, за програмою первинного інструктажу в повному обсязі.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці у випадках:

– при введенні в дію нових або змішаних нормативних актів про охорону праці;

– при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів і інших факторів, що впливають на охорону праці;

– при порушенні працівниками нормативних актів, що може призвести до травми, отруєння або аварії;

– на вимогу працівника органу державного нагляду або вищої за ієрархією державної чи господарської організації при виявленні недостатнього знання працівником безпечних прийомів праці і нормативних актів про охорону праці;

– при перерві в роботі виконавця робіт більш, ніж 30 календарних днів (для робіт із підвищеною небезпекою), а для решти робіт — більше 60 днів.

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально або для групи працівників спільного фаху. Обсяг і зміст інструктажу визначається для кожного окремого випадку залежно від причин і обставин, що викликали необхідність його проведення.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками у випадках:

при виконанні разових робіт, що не пов'язані безпосередньо з основними роботами працівника;

– при ліквідації наслідків аварії і стихійного лиха;

– при виконанні робіт, що оформлюються нарядом-допуском, письмовим дозволом та іншими документами.

Цільовий інструктаж фіксується нарядом-допуском або іншим документом, що дозволяє проведення робіт.

Первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт. Перевірка знань здійснюється усним опитуванням або за допомогою технічних засобів навчання, а також перевіркою навичок виконання робіт згідно з вимогами безпеки. Ці інструктажі, стажування та допуск до роботи реєструються в спеціальних журналах з підписами інструктованого і інструктуючого.

Докладний перелік законодавчих та нормативних актів, міжгалузевих нормативних актів, міждержавних стандартів системи стандартів безпеки праці, державних стандартів України з безпеки праці наведено в роботі [9].

2. ОСНОВНІ ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПРИ РЕМОНТНИХ РОБОТАХ

2.1 Загальні відомості

З наведеного в попередньому розділі матеріалу видно, що держава робить все можливе для забезпечення безпечних умов праці громадян. Проте всі ці заходи залишаться безплідними, якщо сам працівник не буде належним чином додержуватись правил безпеки на виробництві.

Тому згідно із Законом України «Про охорону праці» працівник не тільки має гарантії прав на охорону праці (статті 5, 6, 7, 8, 9), а й зобов'язаний згідно зі статтею 14:

– дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я людей, що його оточують у процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;

– знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватись засобами колективного та індивідуального захисту;

– додержуватись зобов'язань щодо охорони праці, передбачених колективним договором (угодою, трудовим договором) та правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства;

– проходити в установленому законодавством порядку попередні та періодичні огляди та інше.

За порушення зазначених вимог працівник несе безпосередньо відповідальність. Зокрема, роботодавець має право в установленому законом порядку навіть притягнути працівника, який ухиляється від проходження обов'язкового медичного огляду, до дисциплінарної відповідальності, а також зобов'язаний відсторонити його від роботи без збереження заробітної плати. Інші ж порушення можуть призвести навіть до кримінальної відповідальності працівника, через порушення якого виникли тяжкі наслідки (наприклад, із тяжкими травмами чи смертю інших осіб).

Загалом же особи, що порушують Правила безпеки, можуть нести дисциплінарну, адміністративну, матеріальну чи кримінальну відповідальність згідно діючому законодавству.

В той же час за безпечність конструкцій, правильність вибору матеріалу, якість виготовлення, монтажу, наладку, ремонту і технічного діагностування, а також відповідність об'єктів експлуатації установленим Правилам відповідає підприємство, організація та інші, які виконують відповідні роботи (в особі керівництва певного рівня).

Одним з головних заходів, що забезпечують безпечну працю, є засоби, які поділяються на *засоби колективного захисту, засоби індивідуального захисту, захисні огорожі, запобіжні засоби захисту, блокувальні пристрої, пристрої сигналізації, системи дистанційного управління, спеціальні засоби* та інші.

Засоби колективного захисту в залежності від призначення поділяють на засоби захисту від дії механічних, хімічних і біологічних факторів, від ураження електричним струмом; засоби захисту від шкідливих виробничих випромінювань, від шуму, вібрації, і ультразвуку, від підвищених чи знижених температур обладнання чи деталей і повітря робочої зони; засоби нормалізації освітлення і повітряного середовища робочих місць і виробничих приміщень. За принципом дії засоби колективного захисту поділяються на засоби огородження, запобіжні, блокувальні, сигналізувальні, системи дистанційного управління обладнанням і спеціальні.

Засоби індивідуального захисту в залежності від призначення поділяються на ізолювальні костюми, засоби захисту органів дихання, спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук, голови, лиця, очей, органів слуху, захисні дерматологічні засоби, засоби для захисту від падіння з висоти і інші.

До цих засобів пред'являються наступні вимоги: забезпечення оптимальних умов праці і високий степінь захисту, створення сприятливого для людини контактування з навколишнім середовищем і зручність обслуговування обладнання, надійність, міцність, тривалість, урахування вимог естетики [37].

Засоби огородження запобігають попаданню людини в небезпечну зону чи поширенню небезпечних і шкідливих факторів. Вони застосовуються для ізоляції зон з небезпекою механічних дій, для огородження струмопровідних частин, зон випромінювання і виділення шкідливих речовин, а також розташованих на висоті робочих майданчиків. Конструкції пристроїв огородження різноманітні і залежать від обладнання, розташування людини в робочій зоні, утворених небез-

печних і шкідливих факторів. Поділяються ці пристрої на стаціонарні і переносні, а стаціонарні на нерухомі і рухомі.

Стаціонарні нерухомі огородження демонтуються тільки для виконання допоміжних операцій (зміна інструментів, змащення обладнання, виконання вимірювань та інше).

Стаціонарні рухомі огородження закривають доступ у робочу зону облад-нання при виникненні небезпечних ситуацій, тобто при обладнанні, що працює, а коли обладнання не працює, то доступ у робочу зону відкривається.

Переносні огородження використовуються для огородження нестаціонарних робочих місць (наприклад, зварювальних постів), а також при ремонтах чи налагоджувальних роботах

Запобіжні засоби захисту слугують для автоматичного відключення обладнання при виконанні аварійних режимів, тобто при виході одного із параметрів за межі допустимих значень.

Блокувальні пристрої дозволяють усунути можливість проникнення людини в небезпечну зону чи небезпечний фактор при перебуванні людини в небезпечній зоні. За принципом дії блокувальні пристрої поділяються на механічні, електричні, фотоелементні, радіаційні, пневматичні, гідравлічні і комбіновані.

Пристрої сигналізувальні бувають оперативні, попереджувальні і розпізнавальні. Оперативна сигналізація використовується частіше в технологічних процесах і сигналізує при відхиленнях контролюємого параметра. Попереджувальна сигналізація застосовується на виробництвах, де перед початком у небезпечній зоні можуть перебувати люди. Розпізнавальна сигналізація призначається для виділення як окремих видів виробничого обладнання, так і його небезпечних зон.

Системи дистанційного управління застосовуються в зонах підвищеної небезпеки, де перебування людей заборонено чи обмежено.

Спеціальні засоби захисту виконуються у вигляді уземлення і занулення електроустановок, систем освітлення, вентиляції, шумопоглинання, засобів захисту від електромагнітних, лазерних, іонізувальних випромінювань і інше.

Безпека праці суттєво залежить від дохідливості, швидкості та точності сприйняття зорової інформації. На цьому ґрунтується широке використання на підприємствах *кольорів безпеки* та *знаків безпеки праці*, які відіграють роль закодованого носія відповідної інформації [12].

Колір безпеки — установлений колір, призначений для привернення уваги працівника до окремих елементів виробничого обладнання, які мажуть бути джерелами небезпечних і шкідливих виробничих чинників, а також до засобів пожежогасіння і знаків безпеки. В Україні, які і в інших країнах світу, прийняті наступні кольори безпеки: червоний, жовтий, зелений, синій. Для підсилення контрасту кольорів безпеки їх застосовують на фоні контрастних кольорів (табл.6.1). Контрастні кольори використовуються для символів пояснювальних написів.

Таблиця 6.1

Основне змістовне значення кольору та його контрастний колір

№	Колір безпеки	Основне змістовне значення кольору безпеки	Контрастний колір
1	Червоний	Заборона, безпосередня небезпека, засіб пожежогасіння	Білий
2	Жовтий	Попередження, можлива небезпека	Чорний
3	Зелений	Припис, безпека	Білий
4	Синій	Вказівка, інформація	Білий
Примітка: Контрастними кольорами для білого є чорний, а для чорного — білий.			

Червоний колір безпеки застосовується для заборонних знаків, позначення протипожежних засобів та пристроїв вимкнення (у тому числі і аварійних), сигнальних лампочок. Крім того, ним фарбується місце, обладнання та прилади, де може виникнути вогненебезпечна чи аварійна ситуація.

Жовтий колір безпеки використовується для: попереджувальних знаків; елементів виробничого обладнання, що можуть бути джерелами небезпечних і шкідливих виробничих чинників; постійних та непостійних огороджень; елементів внутрішньо- та міжцехового транспорту, підіймально-транспортного обладнання і т. п. Для більшої помітності застосовуються чергування жовтих та чорних смуг.

Зелений колір безпеки застосовують для приписувальних знаків, дверей та світових табло (напис білою фарбою на зеленому фоні) евакуаційних і запасних виходів, сигнальних лампочок.

Синій колір безпеки використовується у вказівних знаках.

Знаки безпеки праці поділяються на чотири групи:

– *заборонні*, які призначені для заборони певних дій у визначених місцях або приміщеннях (заборона користуватись відкритим вогнем, палити, входити чи проходити, гасити водою і т.п.);

– *попереджувальні* призначаються для попередження працівників про можливу небезпеку (електричний струм, легкозаймисту чи отруйну речовину, різке випромінювання і інше);

– *приписувальні* призначаються для надання дозволу на певні дії працівників лише при виконанні конкретних вимог (припису) з охорони праці (обов'язкове застосування засобів захисту, виконання заходів щодо забезпечення безпеки праці), вимог пожежонебезпеки;

– *вказівні*, що призначаються для інформування про місце знаходження відповідних об'єктів та засобів (пункту медичної допомоги, пожежної охорони, вогнегасника, пожежного крану, пункту сповіщення про пожежу і т.і.).

Знаки безпеки праці кожної групи мають свою форму, розміри та колір. Їх установлюють у місцях, перебування в яких пов'язано з можливою дією на працівників небезпечних і шкідливих виробничих чинників, а також на виробничому обладнанні, що є джерелом таких виробничих чинників.

Особливу роль в охороні праці на виробництві відіграє *бирочна (жетонова) система*, яка забезпечує чітку і безпечну роботу механічного обладнання і підвищення відповідальності осіб, що управляють механізмами і ремонтують їх. На кожен механізм видається бирка (жетон) встановленого на підприємстві зразка, яка має наступне призначення:

– перешкодити ремонтному персоналу здійснювати будь-які роботи на механізмах без відома і згоди осіб, що управляють ними;

– запобігати можливості включення механізмів технологічним персоналом чи електриками у випадках, коли механізм ремонтується чи виконуються інші подібні роботи.

Бирка зберігається в осіб, що обслуговують агрегат, і видається ремонтникам з оформленням у спеціальному журналі і підписами осіб, які видають і приймають бирку. Наявність бирки в особи, що управляє даним механізмом, дає йому право безперешкодно включати механізм і виконувати роботу і додержуватись правил безпеки, які передбачені інструкцією.

Кожний робітник, який безпосередньо обслуговує агрегати і механізми, а також огляди, змащування і ремонти, повинен видати пи-

сьмове зобов'язання про чітке використання *«Положення про биркову систему»*. Порядок застосування биркової системи на металургійних підприємствах визначається *«Загальними правилами безпеки для підприємств і організацій металургійної промисловості»*.

Для практичного використання биркової системи на пультах управління обладнанням передбачаються спеціальні замкові шпарини, куди встановлюється спеціальний ключ-бирка з діелектричного матеріалу, який розриває електричні пускові ланцюги. Запустити ж у дію механізм буде можливим лише при вийнятті ключа-бирки з замкової шпарини.

2.2 Такелажні роботи

При ремонтних, як і монтажних роботах, використовуються підіймально-транспортні машини і, зокрема, мостові крани. Роботи, що пов'язані з горизонтальним переміщенням і підійманням вантажів і обладнання, називаються такелажними. Виконання такелажних робіт вимагає в будь-яких випадках досконального знання правил безпеки, вміння професійно вибирати такелажні засоби, виконування стропування вантажів і обладнання, спілкування з крановим машиністом за допомогою знакової сигналізації.

Такелажні роботи мають проводитись за раніш підготовленим проектом організації робіт. В цьому проекті визначається склад необхідного вантажо-підіймального обладнання і пристосувань.

До керівництва такелажними роботами за допомогою підіймального обладнання допускаються майстри і бригадири, які добре знаються на цій справі. В деяких випадках до керівництва цими роботами можуть залучатись професійні стропальники (якщо вони є на дільниці чи в цеху).

Перед початком робіт в обов'язковому порядку має бути проведений додатковий інструктаж з виконання конкретних робіт.

Бригадир повинен оглянути і впевнитись у справності усіх такелажних засобів і пристосувань. Якщо при цьому виявляться несправності пристроїв, бригадир і машиніст крана мають про це повідомити майстра чи керівника робіт і до усунення несправностей такелажні роботи не здійснюються.

При довгострокових ремонтах бригадир зобов'язаний щоденно інструктувати колектив бригади про наступні роботи і визначати роль кожного члена бригади на конкретний день, оглянути робочий май-

данчик і прийняти заходи щодо наведення належного порядку. Забороняється виконувати роботи на забруднених мотлохом майданчиках і робочих місцях.

При переміщенні чи підніманні вантажів бригадир зобов’язаний особисто перевірити правильність виконання стропування чи ув’язку вантажу. Керувати підійманням, опусканням і переміщенням вантажів, як того вимагають правила техніки безпеки, повинен також бригадир, тільки його команди мають виконуватись машиністом крана чи мотористом лебідки. Команда передається сигналами згідно з Правилами Держгіртехнагляду. Найбільш поширені знаки сигналізації наведено в табл.6.2.

У випадках, коли бригадиру неможливо подавати сигнали безпосередньо машиністу крана чи мотористу лебідки, команда подається через сигнальників, що перебувають у зоні видимості бригадира і особи, яка управляє краном чи механізмом, чи між ними установлюється телефонний зв’язок або радіозв’язок.

При піднятті чи опусканні вантажу ніхто не повинен перебувати під вантажем, неможна також перебувати безпосередньо на вантажі під час його підняття і опускання.

Навантаження і розвантаження вантажів масою понад 50 кг, як правило, мають виконуватись механізованим способом за допомогою кранів, лебідок і інших вантажних машин. Як виняток, дозволяється переміщення вантажів вручну на рівній і горизонтальній поверхні, при цьому на одну людину норма не повинна перевищувати:

10 кг — для підлітків жіночої статі у віці від 16 до 18 років;

16 кг — для підлітків чоловічої статі у віці від 16 до 18 років;

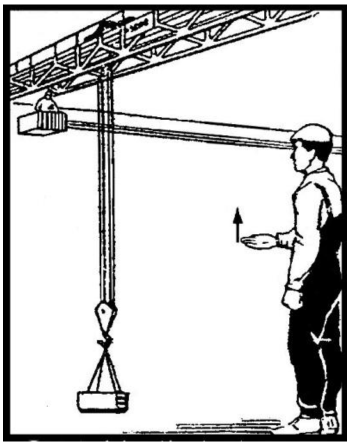
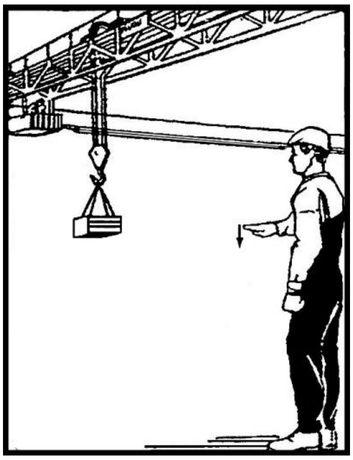
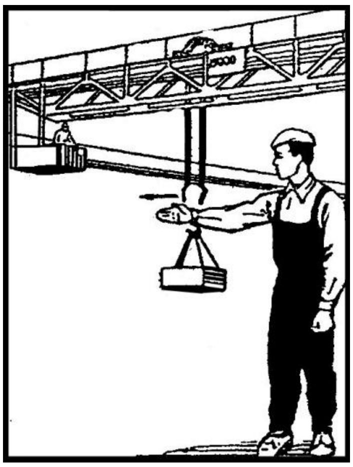
20 кг — для жінок віком понад 18 років;

50 кг — для чоловіків віком понад 18 років.

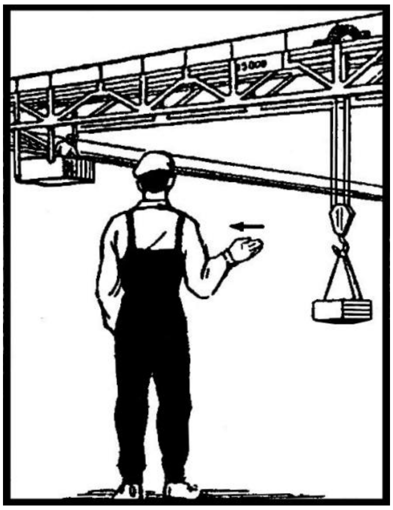
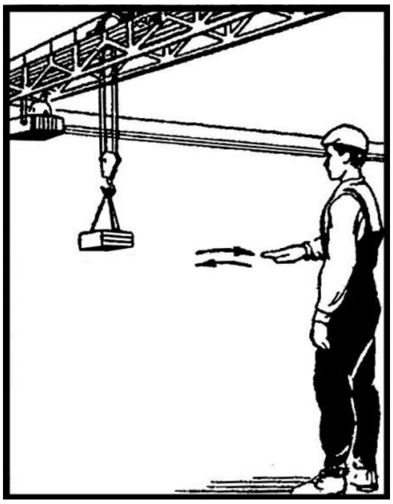
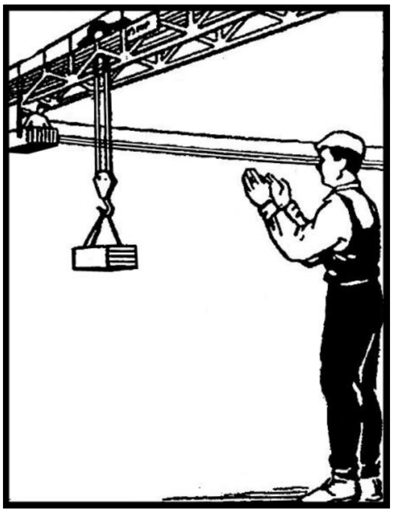
Підлітки допускаються до перенесення вантажів при умові, що ці операції пов’язані з виконанням ними основної роботи за спеціальністю і займають не більше 30% їх робочого часу.

При виборі засобів стропування необхідно обов’язково знати вагу об’єкта, який підлягає транспортуванню, щоб вибрати відповідний строп. Вагу установлюють за кресленнями на обладнання. Поряд з цим необхідноураховувати ті обставини, що зусилля натягу в стропі залежить від кута його нахилу (рис.6.1, а). Тільки при вертикальному положенні стропа сила натягу в ньому буде відповідати вазі вантажу. При збільшенні кута зусилля натягу буде зростати (рис.6.1, б).

Таблиця 6.2 — *Сигнальні знаки для машиніста крана*

Ескіз	Значення сигналів	Правила подання сигналів
	Підняти вантаж чи крюк	Переривчастим рухом руки, яка зігнута в лікті, вгору перед грудьми, лодонею вгору
	Опустити вантаж чи крюк	Переривчастим рухом руки, яка зігнута в лікті, внизу перед грудьми, лодонею вниз
	Перемістити кран (міст)	Витягненою рукою, лодонею в напрямі необхідного переміщення крана (мосту)

Продовження табл.6.2

Ескіз	**Значення сигналів**	**Правила подання сигналів**
	Перемістити візок	Рухом руки, яка зігнута в лікті, лодонею в напрямі необхідного переміщення візка
	Стоп (призупинити підіймання чи переміщення)	Різким рухом руки вправо чи вліво на рівні пояса, лодоня під час подачі сигналу звернена вниз
	Обережно (перед подачею будь-якого із перерахованих вище сигналів при необхідності незначного переміщення)	Кисті рук підняті вгору і звернені одна до іншої на невеликій відстані

Розрахунки зусилля у гілках стропа здійснюються за формулою:

$$S = m\frac{Q}{n \cdot K}$$

де Q — вага вантажу, кг;

n — число гілок;

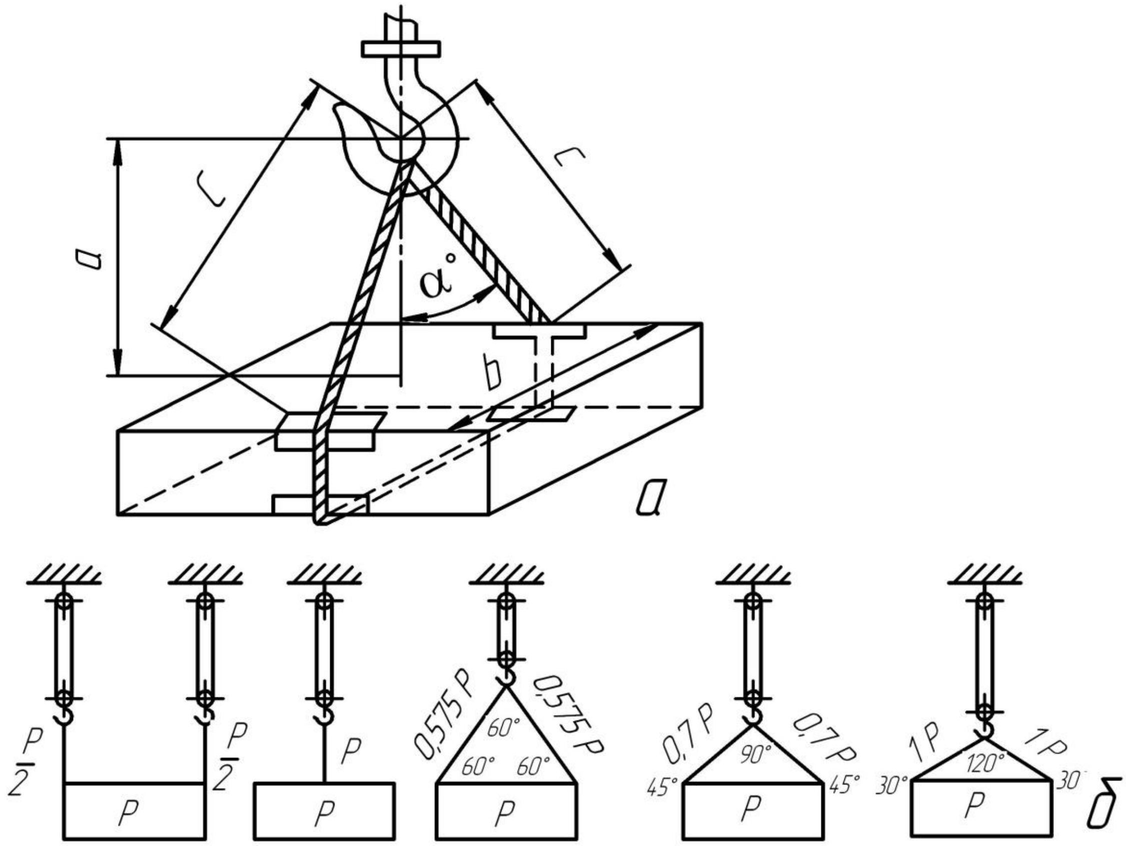
S — зусилля натягу гілки стропа, кг (в підіймальних машинах вантажопідйомність приймається в кілограмах чи в тоннах);

K — коефіцієнт, що враховує нерівномірності навантаження гілок стропів і залежить від кількості його гілок.

$m = 1/cos\alpha$ — коефіцієнт, який залежить від кута нахилу α.

Нижче наведено значення коефіцієнта K.

Число гілок у стропі	1	2	4	8
Коефіцієнт К	1	1	0,75	0,75



а — строп з двох гілок; б — розподілення зусиль у гілках в залежності від їх кута нахилу.

Рисунок 6.1

Схема для розрахунку зусилля натягу в стропі

Такелажні засоби піддаються ревізії в установлені терміни, проте перед відповідальними роботами їх знову перевіряють і змащують.

Стропи споряджають бирками з вказівкою їх вантажопідйомності і терміну чергового випробування. Не менше одного разу на 6 місяців стропи випробовують під навантаженням, яке має перевищувати вдвічі допустиме. Зберігають стропи в спеціально відведених місцях.

2.3 Слюсарно-складальні роботи

Як показує практика, основною причиною виробничого травматизму при виконанні слюсарно-складальних робіт є, головним чином, необережність робітників та несправність інструменту.

Слюсарний інструмент поділяється на ручний (молотки, кувалди, напилки, зубила, бородки, просічки, шабери та інші), електро- та пневмоінструмент (гайковерти, свердла, перфоратори, наждаки та інші). В останній час широко використовується і пороховий інструмент з монтажними патронами.

РОБОТИ З РУЧНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Дерев’яні рукоятки інструменту повинні бути виготовлені з сухої деревини твердих і в’язких порід (дуб, бук, кизил і інші), без сучків і косого шару, гладенько оброблені і надійно закріплені. Вісь рукоятки повинна бути строго перпендикулярна осі інструменту. Рукоятки інструменту ударної дії повинні мати овальну форму з потовщенням до вільного кінця.

Забороняється працювати з інструментом без рукояток, з несправними ручками, а також з рукоятками, посадженими на загострені кінці (напилки, шабери і інше) без металевих бандажних кілець.

На інструменті ударної дії (зубила, бородки, просічки) не допускаються наступні пошкодження:

- вибоїни, скоси, сколювання робочих поверхонь;
- задирки і гострі ребра на бокових гранях у місцях затискання руками;
- тріщини, задирки і сколювання на затилковій частині.

Забороняється також користуватись перегартованим інструментом, оскільки при цьому може відбуватись відломлювання осколків крихкого металу і, як внаслідок, ураження працівника.

При роботі клинами чи зубилами з використанням кувалд і виколоток слід застосовувати тримачі довжиною не менше 0,7 м. Виколотки виготовляють з м’якого металу.

Забороняється користуватись гайковими ключами з металевими пластинами між гранями гайки і ключа (тобто, не слід вставляти пластину у тих випадках, коли зів ключа більший за розмір гайки), а також подовжувати гайкові ключі шляхом приєднання іншого ключа чи труби (крім спеціальних монтажних ключів).

Забороняється переносити чи перевозити інструмент, що має гострі частини, без захисту його чохлом чи іншими способами.

Слюсарно — монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками належить піддавати електричним випробуванням один раз на 12 місяців.

Забороняється виконання робіт слюсарно-монтажним інструментом з ізолюючими рукоятками, якщо на їх поверхні і в шарі ізоляції наявні шпарини, сколювання, здуття, і інші дефекти.

РОБОТИ З РУЧНИМ ЕЛЕКТРО- І ПНЕВМОІНСТРУМЕНТОМ

До роботи з електроінструментом, ручними електричними і пневматичними машинами допускаються особи не молодші 18-ти років, що пройшли спеціальне навчання, здали іспити і мають запис про це в посвідченні з ТБ. При цьому ці особи повинні мати II групу з електробезпеки (тобто, не нижче II групи).

Ручні електричні машини і допоміжне обладнання (трансформатори, перетворювачі, захисні пристрої і інше електрообладнання) мають піддаватись перевірці не менше 1 разу на 6 місяців, пневматичні машини — в терміни, які установлено інструкцією з експлуатації. При цьому перевірка ізоляції мегаометром проводиться щомісячно з записом у журналі.

В процесі використання робіт ручними машинами забороняється:

- залишати без нагляду машину, що підключена до електричної чи повітряної мереж;
- передавати машину іншим особам;
- натягувати, перекручувати, перегинати струмопровідні кабелі і повітрепровідні шланги;
- перевищувати тривалість роботи машин, що передбачена режимом роботи, який вказано в інструкції з експлуатації;
- торкатись різального інструменту під час його обертання;
- знімати з машини засоби віброзахисту, глушителя шуму, захисні кожухи і пристосування для управління робочим інструментом;

- видаляти руками стружку чи ошурки до повної зупинки машини;

- переносити електричні машини за кабель, а пневматичні — за повітряний шланг;

- працювати на приставних драбинах.

Ручні машини, вага яких перевищує 10 кг, мають застосовуватись з пристосуванням для підвішування.

Використання власної маси тіла для додаткового тиску на машини забороняється.

При вимкненні напруги в електричній мережі, припиненні подачі повітря по повітрепроводу, заклинюванні рухомих частин машину належить негайно вимкнути.

При перервах у роботі та її закінченні, а також при змащуванні, очищенні, заміні робочого інструменту і інше машини слід вимикати і від'єднувати від електричної чи повітряної мереж.

Під'єднання допоміжного обладнання (трансформаторів, перетворювачів частоти, захисних елементів) до мережі і його від'єднання має виконувати персонал, який має на це дозвіл.

В залежності від категорії приміщення за степенем небезпеки ураження електричним струмом належить застосовувати електроінструмент і ручні електричні машини наступних класів:

Клас І — при експлуатації в умовах виробництва з використанням засобів індивідуального захисту. Застосування електроінструменту без індивідуально-го захисту можливе у наступних випадках:

- тільки один інструмент отримує живлення від розподільчого трансформатора;

- електроінструмент отримує живлення від автономної двигун-генераторної установки чи від перетворювача частоти з розподільчими обмотками;

- електроінструмент отримує живлення через захисно-вимикаючий пристрій;

Клас ІІ, ІІІ — при експлуатації в умовах будь-якого виробництва, а при підготовці і виконанні робіт у приміщеннях — в умовах підвищеної небезпеки і за межами приміщень. Крім того, клас ІІІ застосовується при особливо несприятливих умовах (в замкнених ємкостях і інше). Дозволяється використовувати машини цього класу без індивідуального захисту.

Забороняється користуватись електричними машинами з подвійною ізоляцією за межами приміщень при дощах і снігопадах.

У всіх випадках застосування електричних машин III класу і їх підключення має здійснюватися через перетворювачі з розподільчими обмотками чи розподільчий трансформатор.

Перед початком робіт з електричними машинами належить перевіряти:

- комплектність і надійність кріплення деталей, справність кабеля, його захисної оболонки, штепсельної вилки чи штепсельного з'єднання;
- цілісність ізоляційних деталей зовнішнім оглядом корпуса машини, рукоятки і кришок щіткотримачів, наявність захисних корпусів робочого інструменту і їх справність;
- чіткість роботи вимикача;
- роботу машини на холостому ході.

У машин I класу, крім того, перевіряють справність ланцюжка заземлювання (між корпусом машини і контактом штепсельної вилки заземлювання).

Використовувати машину, в якій в процесі перевірки виявлено хоча б одне відхилення від перерахованих вимог, забороняється.

При використанні ручних пневматичних машин перед виконанням робіт необхідно перевірити їх на справність і впевнитись в тому, що:

- з'єднання шлангів з ніпелями чи штуцерами надійні, герметичні і закріплені стяжними хомутами (бандажами) (кріплення шлангів дротом заборо-няється);
- змінний інструмент правильно заточений, не має тріщин, вибоїн, задирок, його хвостовик не має нерівностей, щільно підігнаний і правильно відцентрований;
- запірна арматура на повітрепроводі чи гнучкому шлангу на відстані не більше 3 м від робочого місця, а підходи до неї мають бути вільними;
- фільтр установлений, повітрепровідні шланги не мають пошкоджень;
- тиск стисненого повітря в магістралі чи в пересувній компресорній станції відповідає робочому тиску машини.

Замінювати робочий інструмент при наявності в шланзі стисненого повітря забороняється.

При роботі з машинами ударної чи ударно-обертальної дії мають використовуватись м'якими рукавицями з подвійною прокладкою з боку лодоні.

РОБОТИ З ПОРОХОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ

До робіт з застосуванням порохового інструменту повинні залучатись

особи не молодші за 18 років, що мають професійні навички з основної спеціальності, які пройшли медичний огляд і навчання безпечних методів і прийомів роботи та склали іспити і отримали посвідчення установленої форми.

Допуск до роботи з пороховим інструментом оформлюється наказом по організації (підприємству).

Перед початком роботи з пороховим інструментом майстер повинен:

- провести початковий інструктаж виконувача роботи і підсібників, ознайомити їх із заходами безпеки при ремонті об'єкта, оформити проведення інструктажу записом у наряд — допуску;
- вибрати монтажні патрони з урахуванням властивостей матеріалу конструкцій;
- перевірити наявність в робочих справних засобів індивідуального захисту (каски, захисного щитка, протишумових навушників і рукавичок);
- віддалити не менше чим на 10 м від робочого місця і зони можливого попадання осколків всіх осіб, що не зайняті забиванням дюбелів, установити плакати, забороняючи прохід у небезпечну зону.

Пороховий інструмент і патрони для виконання робіт видаються робочому тільки на підставі оформленого наряд — допуску і при наявності посвідчення на право виконання робіт пороховим інструментом, вказаним в наряд — допуску. Наряд — допуск має видаватись на термін, який необхідний для виконання на даному об'єкті конкретної роботи без змінення її характеру, умов і місця.

При виконанні робіт пороховим інструментом забороняється:

- працювати без засобів індивідуального захисту;
- працювати несправним інструментом;
- працювати у вибухо– і пожежонебезпечних приміщеннях без дозволу на виконання вогневих робіт, виданого в установленому порядку;

- направляти пістолет на себе чи інших осіб незалежно від того, заряджений він чи ні;
- переносити заряджений пістолет з одного робочого місця на інше;
- стріляти без дюбеля;
- передавати пістолет і патрони до нього стороннім особам;
- виконувати пристрілювання до об'єкта без застосування запобіжного притиску.

При роботі на висоті належить прикріпляти пістолет до поясу за допомогою ременю, що входить в комплект пістолета.

Для контролю за роботоздатністю і безпечної експлуатації порохового інструменту служба головного механіка повинна перевіряти його технічний стан не менше 1 разу на 6 місяців, а також після здійснення половини гарантованої кількості патронів для інструменту даного типу.

2.4 Зварювальні роботи

До зварювальних робіт, обслуговування електро- і газозварювальних установок, переміщення і зберігання термітних сумішей, термітних патронів і балонів із стисненим і скрапленим газом допускаються лише особи, що мають вік не менше 18 років і пройшли навчання безпечним методам виконання відповідного виду робіт, про що має бути зроблений запис у посвідченні стосовно перевірення знань з ТБ.

Електозварювальники повинні мати групу з електробезпеки не нижче II. При виконанні зварювальних робіт на висоті більше 5 м зварювальник повинен мати стаж виконання робіт не менше 1 року і розряд зварювальника не нижче 3-го.

Зварювання малогабаритних виробів у майстернях (цехах) виконується в кабінах висотою не менше 2 метрів з відкритим верхом і пристроями вентиляції. При відсутності кабін робочі місця зварювальників з виконанням робіт відкритою дугою мають відокремлюватись від суміжних робочих місць і проходів світлонепроникливими екранами (завісами, щитами) висотою не менше 1,8 м із матеріалу, який не горить.

Зазор між стінками кабіни і долівкою повинен бути 50, а при зварюванні в середовищі інертних газів — 300 мм.

При роботах на висоті зварювальники мають бути оснащені спеціальними сумками для інструменту і збирання недогарків електродів.

Забороняються зварювальні роботи в місцях, де застосовуються і зберігаються вогненебезпечні матеріали (бензин, ацетон, спирт, фарби, емалі, т.п.) і тара з-під них.

Зварювальні роботи в замкнених і важкодоступних просторах мають здійснюватись згідно з ППР (технологічними картами) з обов'язковим оформленням наряд — допусків на виконання робіт підвищеної небезпеки.

При зварюванні в замкнених чи огороджених просторах належить забезпечувати надійну вентиляцію робочих місць. Якщо це неможливо, то зварювальник повинен застосовувати засоби індивідуального захисту. В цьому випадку зварювальник повинен працювати під доглядом двох осіб, що мають не нижче другої групи з електробезпеки і перебувають зовні біля пристрою вимкнення живлення зварювальної установки. При цьому зварювальник працює в запобіжному поясі з канатом, кінець якого перебуває в наглядача.

Забороняється одночасне здійснювання зварювальних і газозварювальних робіт у середині замкнених просторів.

Всі електрозварювальні установки, що призначенні для зварювання в особливо небезпечних умовах оснащаються пристроями автоматичного вимкнення напруги холостого ходу чи обмеження його до 12 В з витриманням часу не більше 0,5 с.

Для захисту лиця і очей електрозварювальники мають бути забезпечені шитками чи масками з захисним склом (світлофільтрами). При зварювальних роботах на стелях, крім того, зварювальник повинен користуватись азбестови-ми чи брезентованими нарукавниками, а при зварюванні кольорових металів і сплавів, що вміщують цинк, мідь, свинець — респираторами з хімічним фільтром.

Не допускаються електрозварювальні роботи на відкритому повітрі під час опадів при відсутності укриття над електрозварювальним обладнанням.

Газополуменеві роботи (зварювання, різання, нагрівання і інше) мають виконуватись на відстані не менше 10 м від пересувних генераторів, 5 м — від балонів і бачків з рідким паливом, 1,5 м — від газопроводів і газорозподільних постів.

Перед початком робіт слід перевірити справність балонів (огляд балонів здійснює організація, яка їх наповнює, не рідше 1 разу на 5 років).

При виявленні на поверхні кисневого балону чи вентилі слідів масла і жиру його необхідно негайно повернути на склад з поміткою крейдою на корпусі про наявність цих речовин.

При отриманні редуктора належить старанно його оглянути, перевірити наявність пломб і впевнитись, що термін випробування манометрів не вийшов. Забороняється використовувати редуктори без манометрів, з несправними манометрами чи манометрами, термін випробування яких минув.

Підготовлені до роботи газові балони належить установлювати на спеціальних підставках на відстані від проходів і нагрітих предметів.

Газові балони з рідким наповненням (пропан — бутан) і ацетиленові балони належить установлювати на робочих місцях тільки у вертикальному положенні.

Кисневі балони допускається експлуатувати в горизонтальному положенні, але вони мають бути укладені таким чином, щоб їх горловина була вище башмака і усувалось їх перекочування.

Забороняється допускати перегрів балонів (максимально допустима температура нагріву балонів 45 ^{o}C), а також їх підігрівати для підвищення тиску.

Відбір кисню із балонів має бути призупиненим при залишковому тиску: 0,05 МПа при зварюванні ацетиленом, 0,1–0,2 МПа при зварюванні і різані пропан — бутаном. Залишковий тиск у балонах з ацетиленом і пропан — бутаном має бути не нижче 0,5 МПа.

При тиску в балоні вище допустимого належить короткочасним відкриванням вентиля випустити частину газу в атмосферу. При випусканні газу робітник має перебувати в протилежній стороні від струменю.

При виникненні «хлопків» під час роботи на пальнику спочатку закривається пропан-бутановий вентиль, а потім — кисневий, після чого мундштук охолоджується у воді. В цьому випадку вентилі пальника повинні бути закритими.

2.5 Металообробні роботи на верстатах

До роботи на верстатах допускаються особи, що мають допуск до роботи на верстатах і групу електробезпеки не нижче II.

При роботі на верстатах через невиконання вимог правил техніки безпеки можливі випадки травм від захоплення (за одяг, волосся,

руки) і від ударів рухомими частинами, травмування відлітаючою стружкою, ураження електрич-ним струмом, ушкодження під час установлення і зняття деталей та інше.

Безпечне виконання робіт від дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів забезпечується додержуванням наступних заходів:

- заземлювання обладнання;
- налагодження зручних робочих місць для раціонального розташування інструментів і пристосувань;
- установлення захисних огорож зони різання, щитків рухомих частин верстатів, систем блокування;
- забезпечення засобами індивідуального захисту;
- зачищення деталей на верстатах обертальної дії наждачним полотном виконувати лише за допомогою відповідних пристосувань;
- забороняється працювати в рукавицях на верстатах з обертальними деталями чи інструментом;
- користування дерев'яною решіткою під ногами під час роботи на верстатах (відстань між планками 25–30 мм);
- використання захисних щитків та окулярів;
- застосування виключно справного інструменту;
- при зупинці робочих частин верстатів слід користуватись лише їх гальмами і не зупиняти руками;
- зняття стружки під час роботи верстату має здійснюватись тільки за допомогою спеціальних пристосувань;
- не допускається забруднення стружкою решітки під ногами;
- забороняється виконувати роботи без дозволу майстра, оброблювати ненадійно закріплену деталь;
- захаращувати підходи до верстату, виконувати виміри на верстаті що працює, знімати стружку з деталі мірильним інструментом, чистити і змащува-ти верстат у дії, застосовувати гайкові ключі не за розмірами гайок і голівок болтів, залишати працюючий верстат без нагляду, передавати чи приймати будь–що через працюючий верстат, залишати ключі в робочих органах верстатів, знімати і відкривати захисні огорожі під час роботи верстату.

Відкривати рухомі частини обладнання, що розташовано на висоті менше 2,5 м від підлоги, кінці валів чи гвинтів належить закривати пофарбованими в жовтий колір кожухами чи сітчастими огорожами з чарунками не більше 10 мм, які щільно прикріплені до станин чи іншої нерухомої частини верстату. Внутрішні поверхні відкривних

кожухів (огорож), що огороджують рухомі частини обладнання, мають бути пофарбовані в червоний колір.

Верстати, в яких при обробці матеріалів утворюється пил чи ошурки, мають бути оснащені пристроями для їх віддаляння в процесі роботи — пилеуловлювачі, пилевідсосувачі і пилезбиральники.

На токарних верстатах різець чи інший інструмент повинен кріпитись з мінімальним можливим вильотом і не менше ніж трьома гвинтами (вильот різця повинен бути не більше 1,5 висоти його тримача).

Ручне полірування і обпиловка виробів з виступаючими частинами, вирізами і канавками на працюючих верстатах забороняється. При центруванні деталей, зачищенні і шліфуванні їх наждачною тканиною, обпиловці, шабруванні і вимірюванні деталей різальний інструмент повинен бути відведений в бік, а при зміненні патрону чи деталі крім інструменту відводить в бік також і центр задньої бабки.

В свердлильних верстатах для заміни і кріплення деталей під час роботи верстату мають бути установлені поворотні столи і інші зручні і безпечні пристосування. Ці пристосування необхідно міцно і надійно закріпити на столі чи фундаментальній плиті. Зміна і кріплення деталей без пристосувань забороняється. Забороняється також оброблювати деталі, що не закріплені в лещатах і в інших пристосуваннях. При заїданні і поломці інструменту верстат повинен негайно вимикатись.

При роботі на стругальних і фрезерних верстатах у зоні руху стола чи ковзуна, що виходить за межі верстату, забороняється перебувати. При установлені на верстат і вийманні із шпинделя фрез мають застосовуватись пристосування, що попереджують травмування рук. Забороняється підтриму-вати фрезу незахищеною рукою. При заміненні деталі чи проведенні її вимірів фреза має бути зупинена і відведена на безпечну відстань. Відкидати різець руками під час холостого ходу стругального верстату забороняється.

При роботі на верстаті з абразивним інструментом перед установленням на верстат абразивний круг належить перевірити на відсутність тріщин, а після установлення — на биття. Установлення невипробуваних абразивних кругів не допускається. Зазор між кінцем підручника і робочою поверхнею абразивного інструменту має бути менше половини товщини виробу, але не більше 3 мм. Абразивні (заточувальні) верстати мають бути оснащені захисними екранами, що зблоковані з пусковим пристроєм, та вентиляцією для віддаляння пилу.

Перед початком роботи на верстатах для порізки металів необхідно впевнитись в наявності і надійності кріплення огорож усіх рухомих частин передатного механізму ножиць (шківів, шестерень, маховиків і інше), а також запобіжних лінійок чи рухомих огорож притискачів і ножів. До початку роботи на механічних ножицях необхідно перевірити на холостому ході відсутність подвійних ударів і надійність роботи гальма, а на ручних — положення проти-ваги, яка має перешкоджати самовільному опусканню важеля — ножетримача і повертати його у вихідне положення. Зазор між ножами ножиць повинен бути не більше 0,05 мм. Забороняється різати метал більшої товщини, ніж дозволяється паспортом верстату, а також декілька листів одночасно. При роботі на ножицях необхідно регулярно контролювати надійність кріплення ножів і притискачів.

Кругові роликові ножиці мають бути оснащені запобіжними пристосуваннями, які перешкоджають попаданню пальців робочого під ножиці.

Дискові пили повинні мати огорожу робочого диску.

Стрічкові пили для розпилення металів і їх шківи повинні мати огорожі, які залишають відкритою лише частину пили, що необхідна для розпилювання.

Більш детально з технікою безпеки при роботі на різних верстатах можна ознайомитись за допомогою інструкцій з охорони праці, розроблених на підприємстві на кожний конкретний верстат.

2.6 Робота в умовах підвищеної небезпеки

До цих робіт відносяться, перш за все, робота на висоті, у підземних спорудах, технологічних посудинах (автоклавах, декомпозерах, вилуговувачах і т. п.), в зонах підвищеної електронебезпеки та роботи на металургійних агрегатах і інші.

РОБОТА НА ВИСОТІ

До роботи на висоті відносяться роботи, при виконанні яких ремонтник перебуває на висоті 1,3 м і більше від поверхні, перекриття чи робочого настилу (помосту) і на відстані 2 м від межі перепаду за висотою. У тих випадках, коли роботи на висоті здійснюються в умовах підвищеної небезпеки, наприклад, роботи на крупних металургій-

них агрегатах, мостових кранах і інші, на них належить оформлювати наряд-допуск встановленого зразка.

Верхолазними вважаються роботи, що виконуються на висоті понад 5 м від поверхні землі, перекриття чи робочого помосту, над якими виконуються роботи. При цьому основним засобом, що запобігає падінню ремонтника, є запобіжний пасок.

До самостійних верхолазних робіт допускаються наступні особи:

- не молодші за 18 років;
- визнані придатними до верхолазних робіт медичним оглядом;
- ті, що мають кваліфікацію не нижче 3-го розряду;
- спеціально навчені правилам виконання безпечного виконання верхолазних робіт і мають відмітку у посвідченні з ТБ;
- особи, що пройшли стажування з верхолазних робіт під наглядом досвідченого працівника (наставника);
- особи, що мають наряд-допуск на виконання верхолазних робіт і пройшли поточний інструктаж.

Роботи на висоті повинні виконуватись із стійких поверхонь (майданчиків, металевих поверхонь, рештувань і т. ін.). Дозволяється виконувати роботи з приставних драбин, східців і стрем'янок висотою не більше 5 м. При роботі на підставних драбинах належить стояти на східцях, що перебувають на відстані не менше 1 м від верхнього кінця драбини.

На робочих місцях і проходах до них на висоті 1,3 м і більше і відстані менше 2-х метрів від межі перепаду по висоті має бути установлена захисна огорожа.

Для перенесення і зберігання інструменту і мілких деталей ті особи, що працюють на висоті, мають бути забезпечені індивідуальними торбинами чи спеціальними жилетами з відповідними кишенями.

Забороняється працювати з приставних драбин, що установлені на східцях інших драбин, ящиках, бочках і інших випадкових предметах. Місця установлення приставних драбин на ділянках руху транспорта належить огороджувати чи охороняти. Забороняється стояти під драбиною, з якої проводиться ремонт. При необхідності виконування роботи з одночасним підтримуванням деталей належить застосовувати драбини-стрем'янки з верхні-ми полицями, що мають захисні буртики.

Для переходу ремонтників з однієї частини конструкції агрегата до іншої належить користуватися інвентарними драбинами, перехідними містками, трапами, що мають огорожу. При переходах по установленим конструкціям і їх елементам, на яких неможливо установити захисну огорожу, яка б забезпечувала ширину проходу 0,6 м, треба застосовувати запобіжні пристрої (надійно натянутий вздовж ферми чи інших конструкцій канат для закріплення карабіну запобіжного паска). А при переходах з перепонами (стійки, кронштейни і інше) з одного страхувального канату на інший належить користуватись запобіжним паском з двома стропами. Ремонтник повинен закріпити один строп за наступний канат і тільки після цього перейти через перепону, потім перенести і прикріпити інший строп паска до того ж запобіжного канату.

Запобіжні паски підлягають випробуванню на статичне навантаження 4000 Н на протязі 5 хвилин перед видачею в експлуатацію, а також через кожні 6 місяців в процесі експлуатації з реєстрацією результатів випробування в спеціальному журналі. До паска кріпиться бирка з вказівкою номера паска і дати наступного випробування.

Страхувальний канат належить установлювати вище площини опори для ступней ніг, а при переході по підкрановим балкам — не більше 1,5 м. В якості страхувальних канатів, що установлюються на висоті понад 1,2 м від площини для ступней ніг ремонтника, застосовують сталеві канати діаметром 8,8; 9,1 і 9,7 мм, а для установлення на висоті до 1,2 м — сталеві канати діаметром 10,5 і 11 мм.

Вертикальні драбини, драбини з кутом нахилу до горизонтальної площини понад 75° при висоті понад 5 м повинні мати (розпочинаючи з висоти 3 м) огорожу у вигляді дуг. Дуги мають бути розташовані на відстані не більше 0,8 м одна від іншої і з’єднуватись не менше ніж трьома поздовжніми стягами.

Переносні драбини перед експлуатацією необхідно випробувати статичним навантаженням 1200Н, яке має прикладатись до одного східця в середині прольоту драбини, що перебуває в експлуатаційному положенні (під кутом 75° до горизонтальної площини). В процесі експлуатації дерев’яні драбини необхідно випробовувати кожні 6 місяців, металеві — 1 раз на рік. На драбинах і стрем’янках, що перебувають в експлуатації, вказуються інвентарний номер і дата наступного випробування. Дати і результати періодичних оглядів і випробувань

драбин і стрем'янок фіксуються в «Журналі урахування і огляду такелажних засобів, механізмів і пристосувань».

Стаціонарні драбини, що призначенні для підіймання чи опускання працівників на робочі місця і розташовані на висоті чи глибині більше 5 м, мають бути обладнані пристроями для закріплення запобіжного паска. Східці виготовляються із металу чи дерева і через кожні 0,3–0,4 м східці повинні мати поперечину з перерізом 20×40 мм. Ширина східців має бути не менше 0,8 м при односторонньому русі і не менше 1,5 м при двосторонньому, а висота огорожі — 1 м. На видному місці східців вказується допустиме навантаження.

РОБОТИ В ПІДЗЕМНИХ СПОРУДАХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОСУДИНАХ

На металургійних підприємствах широко використовуються підземні споруди, зокрема для заглибленого розміщення обладнання розливних машин, печей, конвеєрних естакад та інше.

Ремонтному персоналу дозволяється спускатись у підземні споруди тільки після оформлення наряд-допуску і огляду на предмет виявлення небезпечних факторів (наприклад, накопичення небезпечних газів, пилу і т. п.). Насамперед перед початком робіт і періодично в процесі роботи в підземних спорудах належить здійснювати інструментальну перевірку на наявність горючих і шкідливих для людини газів. У випадках появи газів робота має бути припинена, робітники виведені з небезпечної зони аж до усунення джерела виділення газу і очищення споруд. Перевірка на наявність газів за допомогою відкритого вогню категорично забороняється.

Ремонтники, що направляються для роботи в підземні споруди, повинні мати справні світильники і тримати інструмент у торбинах. Для освітлення робочих місць в колодязях і тунелях належить застосовувати світильники з напругою 12 В чи акумуляторні ліхтарі.

При виконанні зварювальних робіт у споруду має нагнітатись свіже повітря від установленого зовні вентилятора чи компресора за допомогою рукава (відстань кінця рукава від підлоги не повинна бути меншою 0,25 м). В цьому випадку двоє робітників мають перебувати зовні споруди і страхувати безпосередніх виконавців робіт за допомогою страхувальних канатів, що закріплюються на запобіжних пасках виконавців зварювальних робіт. Місткість (сумарна) балонів має складати не більше 5 л. В противному випадку балони належить за-

лишати зовні. При малих об'ємах споруд взагалі забороняється розташовувати в них балони.

До робіт в умовах підвищеної небезпеки відносять і роботи в технологічних посудинах (автоклавах, декомпозерах, вилуговувачах і т. п.). В цьому випадку необхідно користуватися тими ж правилами безпеки, що і для підземних споруд. Більш того, особливу увагу приділяти питанням електро-безпеки при електрозварювальних роботах.

Загалом же при проведенні ремонтів слід користуватись нормативними документами, наприклад, положенням про застосування наряд — допусків при виконанні робіт підвищеної небезпеки (НПАОП 26.0 — 4.02 — 90) та «Правилами безпеки при ремонті устаткування на підприємствах ЧМ» (НПАОП 26.1 — 1.11 — 89) та іншими.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абгафоров В.А., Сатановский В.Г. Эксплуатация и ремонт погрузочно-разгрузочных машин: Учебник для техникумов ж-д. транспорта. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Транспорт, 1982. — 246 с.
2. Автоматизированные смазочные системы и устройства / под. ред. Д.Н. Гаркунова. — М.: Машиностроение, 1982. — 176 с.
3. Беляев А.С., Беляев М.А. Ремонт алюминиевых электролизеров. — М.: Металлургия, 1985. — 144 с.
4. Биргер А.И. Техническая диагностика. — М.: Машиностроение, 1988 — 240 с.
5. Гасвик Д.Т. Справочник смазчика. — М.: Машиностроение, 1990. — 352 с.
6. Галай Э.Н., Каверин В.В., Колядко И.А. Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно–транспортных машин. — М.: Машиностроение, 1991. — 320 с.
7. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовский М.О. Основи охорони праці: Підручник для студ. вищих навч. закладів. — К.: Каравела, 2003. — 408 с.
8. Гребеник В.М., Гордиенко А.В., Цапко В.К. Повышение надежности метал-лургического оборудования: Справочник. — М.: Металлургия, 1988. — 688 с.
9. Грищук М.В. Основи охорони праці: Підручник. — К.: Кондор, 2006. — 240с.
10. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці. — Київ, Основа, 1995.
11. Елизаветин М.А., Сатель Э.А. Технологические способы повышения долговечности машин. — М.: Машиностроение, 1969. — 400 с.
12. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів, «Афіна», 2002. — 318 с.
13. Жук А.Я., Малышев Г.П., Желябина Н.К., Клевцов О.М. Техническая диагностика. Контроль и прогнозирование. Монография. — Запорожье: Издательство ЗГИА, 2008. — 550 с.
14. Жук А.Я., Желябина Н.К., Теория и практика приводов. Учебник в 3-х кн. Кн. 2 / Запорожье: Издательство ЗГИА, 2001 — 220 с.

15. Иванков И.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно–транспортных машин: Учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 1991. — 400 с.

16. Касаткин Н.Л. Ремонт и монтаж металлургического оборудования. — М.: Металлургия, 1971. — 310 с.

17. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин: Справочник. — М.: Машиностроение, 1984. — 280 с.

18. Киселев Г.Ф., Мыслицкий Е.Н. Техническое обслуживание и ремонт центробежных компрессорных машин. — М.: Химия, 1979. — 128 с.

19. Кружков В.А., Чиченев Н.А. Ремонт и монтаж металлургического оборудования. — М.: Металлургия, 1985. — 320 с.

20. Курчаткин В.В. Восстановление посадковых мест подшипников полимер-ными материалами: Учеб. пособие. — М.: Высш. школа, 1983. — 80с.

21. Кубарев А.И. Надежность в машиностроении. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство стандартов. 1989. — 224 с.

22. Лапін В.М. Основи охорони праці: Навч. посібник. — Львів: ЛБІ НБУ, 2004. — 142с.

23. Лысяков А.Г. Краны промышленных предприятий: Справочное пособие. — М.: Машиностроение. 1985. — 176 с.

24. Модернизация и долговечность агломерационного и доменного оборудования. Арист Л.М., Тылкин М.А. — М.: Металлургия. 1973. — 448 с.

25. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. — М.: Машиностроение, 1989. — 480 с.

26. Механизмы грузоподъемных кранов: Требования к ремонту. РТМ 212.0143–85. — Л.: Транспорт, 1988.

27. Механизация ремонтов металлургических агрегатов. Залкинд А.С. — М.: Металлургия, 1988. — 238 с.

28. Надежность, ремонт и монтаж технологического оборудования заводов цветной металлургии. Колев К.С., Ягупов А.В., Выскребенец А.С. — М.: Металлургия, 1984. — 224 с.

29. Оптимальная долговечность оборудования металлургических предприятий. Никберг И.М., Тищенко А.Н. — М.: Металлургия, 1974. — 200 с.

30. Повышение долговечности деталей металлургического оборудования. Тылкин М.А. — М.: Металлургия. 1971. — 608 с.

31. Повышение качества ремонта металлургических агрегатов / С.В. Кольцов, И.Г. Вендров, В.И. Кочеров и др. — М.: Металлургия, 1989. — 112 с.

32. Притыкин Д.П. Надежность, ремонт и монтаж металлургического оборудования. Учеб. для вузов. — М.: Металлургия, 1985. — 368 с.

33. Проников А.С. Надежность машин. — М.: Машиностроение, 1978. — 592 с.

34. Ремонт механического оборудования для производства агломерата и окатышей в черной металлургии. Притыкин Д.П., Тылкин М.А. — М.: Металлургия, 1975. — 88 с.

35. Сапко А.И. Монтаж, наладка и ремонт механического оборудования электротермических установок. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 315 с.

36. Смазка металлургического оборудования. Гедык П.К., Калашников М.И.: Металлургия, 1971. — 376 с.

37. Средства индивидуальной защиты: Справ. изд. / С.Л. Канинский, К.М. Смирнов, В.И. Жуков, Н.А. Краснощеков. — Л.: Химия, 1989. — 400 с.

38. Сырицын Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пнемоприводов: Учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 1990. — 248 с.

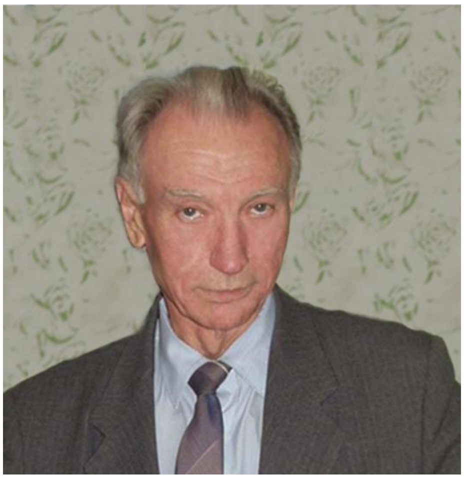
39. Трегубов Н.М., Акастелов Л.Ф. Ремонт горных машин. — М.: Недра, 1978. — 176 с.

40. Трение, смазка и износ в машинах. Костецкий Б.Ц. — К.: «Техника», 1970. — 396 с.

41. Цехов В.И. Ремонт деталей металлургических машин: Справочник, — М.: Металлургия, 1986. — 320 с.

42. Эффективность реконструкции и ремонта металлургических агрегатов. Капустин К.Е. — М.: Металлургия, 1979. — 208 с.

43. Справочник по кранам: В 2т. Т.2. Характеристика и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М.П. Александров и др. Под. общей ред. М.М. Гохберга. — М.: Машиностроение, 1988. — 559 с.



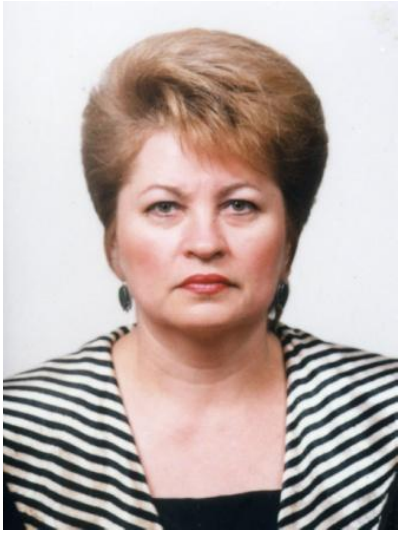
Жук Анатолій Якович

Кандидат технічних наук, професор. Народився 27 березня 1939 р. у м. Кірово-град. У 1965 р. закінчив Дніпропетровський металургійний інститут за спеціальністю «Механічне обладнання металургійних заводів». У сфері вищої освіти пройшов шлях від лаборанта до завідувача кафедри з 1987р. Зробив значний внесок в розвиток вищої освіти, а в сфері наукової діяльності - в створенні механічного обладнання та технологій спецелектрометалургії. Має понад 300 наукових та науково-методичних праць, серед яких біля 20-ти підручників та навчальних посібників з грифом МОНУ. За плідну працю нагороджений медалями ВДНГ, нагрудними знаками «За отличные успехи в работе» (Держкомосвіти СРСР, 1986 р.), «Відмінник освіти України» (Міносвіти України, 1998 р.), присуджено Першу премію (Держкомосвіти СРСР, 1990 р.).



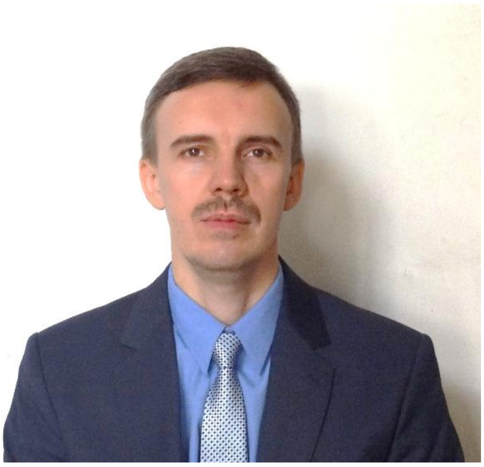
Малишев Георгій Петрович

Кандидат технічних наук, професор ЗДІА. Народився 5 серпня 1950 р. у м. Запоріжжя. Вищу освіту здобув у 1972 р. (Запорізький машинобудівельний інститут ім. В.Я. Чубаря). З 1975 р. працював старшим інженером у науково-дослідній лабораторії зносостійких та холодостійких сталей та сплавів Мінкольормету СРСР при ЗМІ ім. В.Я. Чубаря. Вів наукові роботи з підприємствами кольорової металургії міст Норильська, Красноярська, Братська, Ачинська, підприємствами Кольського півострова. В 1982 році захистив кандидатську дисертацію за темою «Дослідження та розробка сплаву, стійкого у середовищі анодних газів алюмінієвих електролізерів». В ЗДІА працював з 1985 р. на посаді доцента кафедри механічного обладнання металургійних заводів, а в останні роки завідувача цієї ж кафедри. Загалом мав близько 120 наукових і науково-методичних праць. За заслуги та довголітню сумлінну працю нагороджений Почесною грамотою МОНУ.



Желябіна Надія Кіндратівна

Кандидат технічних наук, професор ЗДІА. Народилася 8 листопада 1947 р. у м. Запоріжжя. У 1970 р. закінчила з відзнакою Запорізький машинобудівельний інститут ім. В. Я. Чубаря за спеціальністю «Авіаційні двигуни», інженер-механік. У 1984 р. захистила кандидатську дисертацію на тему «Моделювання процесів накопичення пошкоджень при складних режимах навантаження». З 1984 р. працює в ЗДІА на посадах асистента, доцента, декана енерго-механічного факультету. З 1998 р. — проектор з навчально-виховної роботи ЗДІА. За результатами досліджень опубліковано понад 160 робіт, у т.ч. 11 навчальних посібників, з яких 6 з грифом МОНУ. Відзначена багатьма почесними грамотами, дипломом Запорізької обласної державної адміністрації, Почесними грамотами Міністерства освіти і науки України.



Таратута Костянтин Васильович

Кандидат технічних наук, доцент. Народився 3 жовтня 1974 р. в м. Запоріжжя. У 1997 р. закінчив Запорізьку державну інженерна академію з відзнакою, здобув вищу освіту за спеціальностями: «Металургійні машини та устаткування» та «Економіка підприємства». Працював в прокатном цеху ВАТ «Дніпроспецсталь». В 2004 році захистив дисертацію на тему «Розробка та удосконалення способів та пристроїв для зниження енергосилових параметрів процесу волочіння дроту» за спеціальністю «Процеси та машини обробки тиском» та отримав диплом кандидата технічних наук. В 2005 році присвоєне вчене звання доцента кафедри «Металургійного обладнання». З 2005 року працює на посаді доцента кафедри «Металургійного обладнання» Запорізької державної інженерної академії. В 2007–2009 роках приймав участь у проекті Організації об'єднаних націй з промислового розвитку (ЮНІДО) та отримав сертифікат експерта з промислового розвитку. Має понад 90 наукових та науково-методичних праць, серед яких 2 навчальні посібники з грифом МОНУ. За наукові досягнення присуджено стипендію Кабінету Міністрів України.

Навчальне видання

РЕМОНТ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Керівник видавничих проектів: Ястребов А.О.
Друкується в авторській редакції
Комп’ютерна верстка Тишківська Н.М.
Дизайн обкладинки: Тишківська Н.М.

Підписано до друку 19.05.2017 р.
Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman, Myriad Pro.
Умовн. друк. аркушів — 13,60.
Обл.-вид. аркушів — 10,00.
Тираж 300 прим.

ТОВ «Кондор-Видавництво»
Свідоцтво Серія А01 №376847 від 28.07.2010 р.
03067, м. Київ, вул. Гарматна, 29/31
тел./факс (044) 408-76-17, 408-76-25
www.condor-books.com.ua